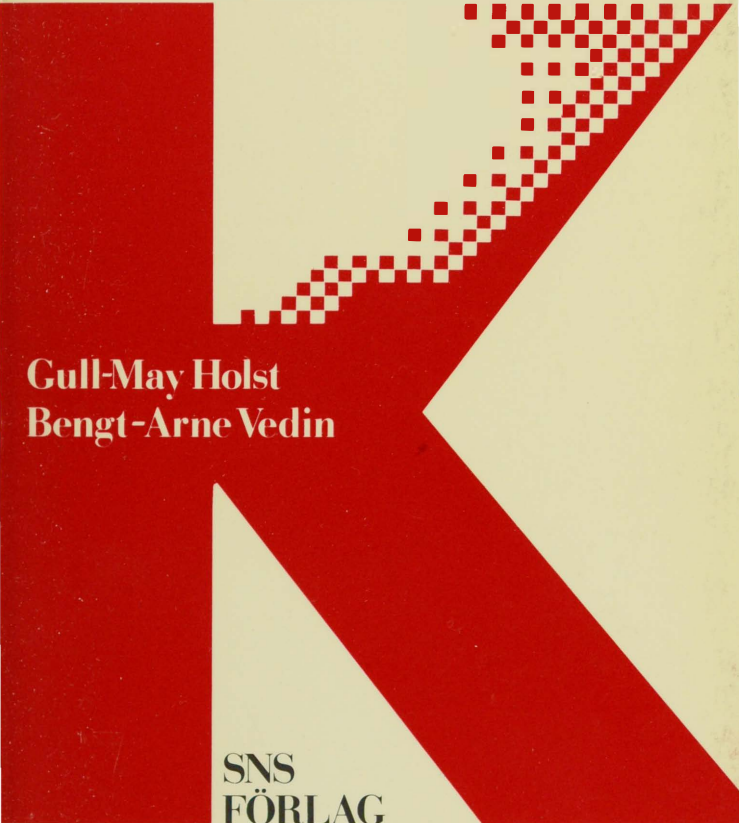


KREATIVITET PER DATOR



Gull-May Holst
Bengt-Arne Vedin

SNS
FÖRLAG

KREATIVTET PER DATOR

*Till minnet av våra föräldrar
Gunnar och Bonny Holst, John-Bertil
och Sonja Vedin, utan vars uppmuntran
till ständig nyfikenhet på allt i
livet det hela skulle ha tett sig
oändligt tråkigt.*

Författarna

KREATIVITET PER DATOR

Gull-May Holst
Bengt-Arne Vedin

14

SNS
FÖRLAG

SNS FÖRLAG
Sköldungagatan 2
114 27 Stockholm
Telefon 08-23 25 20

- SNS Studieförbundet Näringsliv och Samhälle (Center for Business and Policy Studies).
- SNS vill sprida kunskap om ekonomiska och sociala förhållanden samt vara ett obundet forum för öppet utbyte av idéer i ekonomiska och sociala frågor mellan personer i näringsliv, politik och offentlig förvaltning, intresseorganisationer, media, universitet och högskolor.
- SNS verkar genom forskning och utredningar, bokutgivning, seminarier och konferenser samt möten i lokala grupper i Sverige och utlandet. Verksamheten finansieras genom medlemsavgifter, företagsabonnemang, forskningsanslag, uppdragsarvoden och bokförsäljning.
- SNS är fristående i förhållande till politiska partier och intressegrupper, men har nära kontakt med universitet och högskolor samt motsvarande forskningsorganisationer i andra länder.
- SNS grundades 1948 som en oberoende sammanslutning av personer i näringslivet med intresse för samhällsfrågor. Organisationen har för närvarande 4 000 individuella medlemmar i 35 lokalgrupper (varav 5 i utlandet) samt ca 120 företagsabonnenter, däribland svenska börsbolag och banker, utlandsägda och kooperativa företag samt statliga företag och myndigheter.

Gull-May Holst och Bengt-Arne Vedin
Kreativitet per dator
1:a upplagan
1:a tryckningen
ISBN 91-750-293-9

Omslag och typografi: Finn Nyebölle

© 1986 Gull-May Holst, Bengt-Arne Vedin och SNS Förlag
Kristianstads Boktryckeri AB 1986

Innehåll

Förord · 7

Inledning · 9

1

Kreativitet per dator – om varför denna paradox inte enbart är paradoxal · 13

2

Kunskap – expertsystemens kärna · 57

3

Kreativa expertsystem – sådana de är och sådana vi kan tänka oss dem · 91

4

Sammanfattning: sexton kreativa boxar · 111

5

Idéer och förslag · 115

Litteratur · 120

FÖRORD

Den snabba utvecklingen på datorområdet håller på att radikalt förändra villkoren för människans deltagande i produktionsprocessen. I vilken riktning denna förändring går finns det dock delade meningar om. Somliga oroar sig för ökad styrning och kontroll i arbetslivet, för färre personkontakter och mindre utrymme för enskilt initiativ. Andra hävdar tvärtom att datoriseringen av rutinuppgifterna ger ett ökat utrymme för individens egen skaparkraft på nästan alla arbetsplatser.

Den explosionsartade utvecklingen inom området artificiell intelligens – särskilt i dess praktiska form, expertsystem – ställer dessa frågor på sin spets. För att inte utvecklingen skall löpa oss ur händerna är det nödvändigt att vi på ett tidigt stadium försöker få grepp om den nya teknikens innebörd och om de möjligheter och risker den för med sig. Vi får inte riskera att bli teknikens fångar i stället för dess herrar.

I SNS-projektet "Kreativitet per dator" har tagits fram ett omfattande material om den senaste utvecklingen inom datortekniken och viktiga, men hittills alltför litet belysta aspekter kring dess inverkan på vårt framtida arbetsliv. Den bok som blivit resultatet av projektet ställer många frågor, som inte alltid har några entydiga svar, men som ger stimulerande perspektiv på formerna för det framtida samarbetet mellan människa och dator. Författarna sällar sig i huvudsak till optimisterna och menar att tekniken för artificiell intelligens kan komma att starkt positivt påverka utvecklingen, utnyttjandet och utbytet av vår egen inneboende intellektuella skaparkraft – vår kreativitet.

Projektet har möjliggjorts genom finansiellt stöd från

Sven och Dagmar Saléns Stiftelse. Författarna svarar —
som alltid när det gäller SNS publikationer — ensamma för
bokens innehåll.

Stockholm i oktober 1986

Hans Tson Söderström
verkställande direktör

INLEDNING

”Kreativitet per dator”. Titeln kan förefalla paradoxal. En dator – eller vilken annan maskin som helst för den delen – kan inte göra nyskapande och kreativa insatser. ”Ännu inte”, säger somliga forskare inom den gren av datalogin, som döpts till artificiell intelligens (AI). Aldrig! hävdar andra.

Ändå uttrycker namnet på denna nya vetenskapsgren på sätt och vis en mycket gammal mänsklig dröm och ambition – den att bli gudalik och själv kunna skapa sin avbild med hjälp av sina egna händers verk. Och visst har väl människosläktet lyckats med det! Se bara på alla de avbildningar i all världens material olika generationers konstnärer skapat! Men – ehuru skinande och fulländade till färg och form, är de alla behäftade med två ”fel” – de saknar liv och de har ingen förmåga att agera intelligent, dvs att tänka och att fatta beslut.

Dessa båda brister i den mänskliga avbildningens möda har människan genom tiderna lagt ner oerhörd energi och uppfinningsrikedom på att avhjälpa. Pinocchio och Frankensteins monster tillhör de mera kända exemplen. Med hjälp av mystiska krafter fick dessa artificiella varelser liv och något slags intelligens. Homunculus.

Men avbildandet har inte bara handlat om den fysiska, kroppsliga apparitionen. Att skapa en konstgjord hjärna, en artificiell tankeapparat, en konstgjord intelligens som en del hoppats – och hoppas – på skulle bli vida överlägsen någon ”naturlig” hjärna, har fascinerat människosinnet i minst lika hög grad. Den science-fiction-intresserade erinrar sig direkt filmer och böcker där ”huvudpersonerna” varit enorma ”hjärnor”, som, utrustade med bisarra fysiska egenskaper, styrt och tyranniserat sin omvärld. Den historieintresserade kommer att tänka på medeltidens ”talande huvuden”.

Engelsmannen *Charles Babbage* brukar nämnas som datorpionjären framför andra. Han var pionjär i den bemärkelsen, att han ville förse människan med ett verktyg, som kunde hjälpa henne att utföra intellektuellt arbete. Ett verktyg, som kunde utföra en lång rad tråkiga, monotona och omfattande kalkyler. Han sade sig drömma om en maskin, som kunde göra allt räknearbete, och det är vad vissa forskare alltjämt drömmer om att uppnå – en maskin, som tar över allt ”tråkigt” och repetitivt tankearbete och som enkelt kan programmeras att ta över då människan inte längre känner någon stimulans i en eller annan arbetsuppgift.

Babbage var långt ifrån den förste. Funderingar kring vårt ”moderna” begrepp artificiell intelligens kopplad till kreativitet finns belagda sedan medeltiden.

Men artificiell kreativitet är ju möjlig idag, säger någon och tänker kanske på vår tids avancerade system för datorstödd konstruktion, CAD (= Computer Aided Design). Visst, detta och mycket annat utförs redan idag med hjälp av datorer. Så nog vill vi påstå att det redan finns vad vi kallar CAC-system (= Computer Aided Creativity), datorer som fungerar som kreativitetsfrämjande verktyg. Men vi påstår inte, att datorer i sig själva är kreativa. Inte heller tror vi, att de någonsin kommer att bli det på samma sätt som vi människor är det. Däremot påstår vi, att forskningen inom den mycket vida disciplinen ”artificiell intelligens” är på väg att föra oss människor framåt med jättesteg intellektuellt sett – om vi själva och våra politiska och sociala system skulle våga tillåta det.

Vi har båda sedan lång tid tillbaka följt utvecklingen på området ”artificiell intelligens”, även om det inte alltid hette så, då de första stapplande stegen mot t ex datoriserad översättning togs på 1950-talet. Vår bok är därför en blandning av ”Lesefrüchte”, intervjuer och diskussioner med en lång rad av vår tids mest framstående forskare på olika aspekter av artificiell intelligens.

Många personer har hjälpt oss, och vi är skyldiga myc-

ket mer än vad som kan uttryckas med ett än så varmt tack, för att de ägnat tid och möda åt oss och våra tidvis esoteriska diskussioner om datorstödd kreativitet. Professor *Raj Reddy* och professor *Jamie Carbonell* vid Carnegie Mellon-universitetet är två personer vi vill tacka. Dr *Joseph McPherson* vid SRI International är en tredje, och *Cynthia Bloomqvist*, Assistant Director vid MITs Industrial Liason Program, är en fjärde. De två senare nöjde sig inte bara med att bidra till diskussionen om kreativitet och datorers roll för densamma. De sammanförde oss också med ytterligare en rad framstående forskare inom de mest skiftande discipliner. Alla har dock artificiell intelligens som gemensam nämnare. Likaså vill vi speciellt tacka professor *Margaret Boden* vid Sussex-universitetet för intressanta infallsvinklar. Slutligen går ett stort tack till Salénstiftelsen, som ställt medel till förfogande för den miniundersökning om datorers kreativa förmåga, som ligger till grund för den här boken.

Med ovanstående personers och institutioners stöd har vi försökt göra en summarisk översikt över system som skulle kunna komma användas för att främja och förstärka kreativitet och innovativt tänkande på samma sätt som dagens många maskiner och apparater förstärker vår fysiska förmåga. Visserligen kan vi med lätthet påstå, att vårt land i dag ligger långt efter de stora nationerna på området, dvs USA, som i skrivande stund, dvs våren 1986, har en knapp, mycket knapp ledning över Japan, med Frankrike och Storbritannien i hälarna. Under senare år har även Västtyskland och Italien blandat sig i leken. Men ett sådant påstående blir naturligtvis inte särdeles fruktbart. Därför har vi vänt på det hela och enbart i liten grad sneglat på vad som redan görs i Linköping och Uppsala, i viss mån i Lund, Stockholm och i Göteborg, och i stället funderat kring vad Sverige skulle kunna göra, inte minst då Elektronik-centrum i Kista blir en levande verklighet i vårt nya och omsusade "Kista Valley".

Den värderade läsekretsen ombedes ha förståelse för att vi varit i första rummet *kreativa*. Utvärderingsfasen och

anpassningen till resurser och miljö lämnar vi till kommande projekt med större resurser att realisera utbildnings-, forsknings- och industripolitik, där individernas intellektuella och kreativa förmåga får komma i centrum.

Vi anser nämligen att Sverige har en stor potential på området som helhet.

Stockholm i september 1986

Gull-May Holst Bengt-Arne Vedin

KREATIVITET PER DATOR – OM VAR- FÖR DENNA PARADOX INTE ENBART ÄR PARADOXAL

"Evolution, or the adaptation of organisms, is a process of knowledge accumulation, a development of behaviours which reflect an understanding of the environment at least accurate enough for survival."

Paul Levinson

Vår utgångspunkt för den här boken har inte varit att maskiner/datorer själva skulle ha inbyggd kreativitet i den betydelse man lägger i begreppet kreativitet då det gäller människor (ett långt ifrån problemfritt begrepp). Däremot anser vi oss ha sett många goda exempel på hur datorer fungerar som "sparring partner" för individer som vill arbeta med problemlösningar på ett ifrågasättande och sökande sätt. Detta kan gälla problemlösningar av många olika slag och för olika syften. Bland de mera effektiva tillämpningarna har vi funnit datorer för inlärnin-
g, inte minst för barn och vuxna med sociala handikapp.

Vi utgår också ifrån, att det är möjligt att datorisera en del av de kreativa metoder av både systematiskt och intuitivt slag som dagens kreativitetsforskare och -lärare använder sig av. Morfologisk analys, brainstorming, synectics och lateralt tänkande är några av de metoder vi funderat kring. Vidare har vi haft som utgångspunkt att det borde vara möjligt att använda expertsystem, datorstödda tele-

konferenser och liknande teknikbaserade system för såväl idéspredning som kreativt grupparbete.

Det vi har funnit och presenterar i den här boken kan tjäna som underlag för ett fortsatt handlingsprogram på området kreativitet och datorer – eller datorstödd kreativitet! Bland dagens många expertsystem finns det förvisso sådana, som har rent kreativa funktioner och det inte enbart i konstnärliga tillämpningar utan även i industriella och ekonomiska.

Några definitioner

Kreativitet

Kreativitet är ytligt sett ett väldefinierat begrepp – det finns åtminstone 150 olika definitioner. Här nöjer vi oss med att slå fast den innebörd vi lägger i begreppet, nämligen förmågan att generera och tillföra omvärlden idéer, produkter och processer som är nya och nyttiga.

Inget av de båda senare begreppen bör dock uppfattas som objektivt för samtliga individer utan snarare mätas med vidare mått, nytt och nyttigt för ett stort antal individer. Nytt och nyttigt är subjektivt i meningen att hur nyttigt det är beror av "tidsandan", existerande marknader etc. Problemet blir särskilt stort inom konsten: Vad skiljer ett stort konstverk, som är "före sin tid" och upptäcks först senare, från rent bisarreri? Poängen är emellertid att det inte bara är upphovsmannen som skall finna idén värd något. Den måste ingå i en kommunikationsprocess.

Låt oss här konstatera, att kreativitet baseras på ett system av regler, som gör det möjligt att konstruera ett oändligt antal regler. Samtidigt förutsätter kreativitet att man *bryter* mot de givna reglerna i stället för att följa dem.

Detta är tveeggat då det gäller t ex språk. Bryter man mot alla ett språks regler, blir man helt enkelt inte förstådd. Och kör man bil tvärtemot alla regler, blir konsekvenserna ödesdigra. Det gäller därför också att ha kun-

skap om vilka regler man skall bryta mot för att uppnå de önskade kreativa effekterna. Poeter bryter regler på ett sätt som ökar, inte minskar, förståelsen. Vi kan jämföra det mänskliga språket med ett spel, vars regler kontinuerligt förändras – men alla spelarna förstår ändå varje förändrings innebörd. På något sätt är förståelsen av förändringarna inbyggd i systemet.

Men – dessa definitioner är som sagt ytliga. I en djupare mening tolkar olika individer ovanstående definitioner olika, något som blir tydligt då man talar om och arbetar med datorer och expertsystem i kreativa sammanhang. Då har vi ofta svårt för att förklara i datorns exakta och detaljerade termer vad vi håller på med.

Låt oss med den amerikanska AI-forskaren Allen Newell göra följande tankeexperiment för att förstå varför detta med datorer och kreativitet är viktigt:

Isaac Newton tillbringade merparten av sin arbetstid med att ställa upp och lösa komplexa ekvationer helt manuellt, *inte* till att generera nya idéer. Man kan inte låta bli att fråga sig vilken vändning vetenskap och historia hade tagit om han hade haft hjälp av den allra enklaste fickkalkylator. Vad skulle inte genier av Newtons kaliber kunna åstadkomma, om de hade använt sitt intellekt till att vara kreativa i stället för att mekaniskt lösa ekvationer? (Men – fickkalkylatorn förutsätter Newtons upptäckter, bygger på dem.) Och – vad händer om vi vanliga människor låter datorerna hjälpa oss att bli mer kreativa, att utnyttja vår kreativa förmåga maximalt?

Expertsystem i den kreativa processen

Vi har i det här sammanhanget funderat kring två typer av expertsystem, som kan användas som verktyg i den kreativa processen, dels för att lära ut, dels för att förbättra kreativa beslut:

- en typ baserad på allmänna frågor och svar om kreativi-

tet och kreativa processer, typ ELIZA (se sid 25). Här tänker vi oss system, som är uppbyggda kring och innehåller så många kända fakta på området som möjligt. Den kunskapen blir då lätt tillgänglig för de personer som vill arbeta med kreativitet;

- en typ kan ha dedicerade uppgifter som att avvärja de hot som nyskapande alltid tycks innebära för vissa grupper av människor inom en organisation eller ett system.

Ett sådant system visar på alla alternativ, kombinationsmöjligheter och infallsvinklar, som överhuvudtaget är genomförbara. De kan också tänkas hjälpa till med intern och extern marknadsföring av nya idéer osv. På det här sättet kan nyskapandet bli tryggt och välkänt.

Basstruktur i ett expertsystem

EXPERTSYSTEM = KUNSKAPSBAS + INFERENSMASKIN

- Inferensmaskinen tjänar som tolk av ett mycket avancerat högnivåspråk
- Kunskapsbasen är en sammanhängande uppsättning mönsterkodade observationer, hypoteser och regler

Intelligens

Det finns flera definitioner inte bara av kreativitet utan också av intelligens. En, som vi lär i skolan, är att med intelligens menas det som mäts med intelligenstest. Utifrån det går det nog att göra intelligent datorer!

Amerikanen Robert J. Sternberg påvisar i en (dec 1985) översiktsartikel i tidskriften "Science" att "intelligens" saknar en allmänt omfattad definition, modell och teori.

Inte heller klarar någon modell eller teori av intelligensen i verkligheten, inklusive i olika kulturer.

I stället väljer vi att säga att intelligens är den process, som utnyttjas då vi letar efter metoder att lösa problem genom att begränsa själva sökandet. Intelligensen förutsätter ett medvetet ändamål, eftersom det enda sättet att påvisa intelligens är genom att presentera lösningar på ständigt svårare problem.

Datorer

Kreativa miljöer utmärker sig som bekant bl a av snabbhet – snabba besked och reaktioner i alla sammanhang är en förutsättning. (Däremot inte "snabbhet" i form av tidspress och stress.) Utifrån det kravet har datorerna sin givna plats i dessa miljöer.

Med *datorer* avser vi alla slags generella datorer, så länge de är kraftfulla nog att hantera de mjukvaror som skulle kunna fungera som kreativa verktyg. Vi talar med andra ord om allt från relativt blygsamma persondatorer, som ju i vissa fall används mycket kreativt av dagens unga "hackers", till de största, avancerade systemen med minneskapacitet mätt i gigabyte (= 1 000 000 000 tecken) och hastighet mätt i LIPS (= Logical Inferences Per Second). Dessa supersystem används i dag också de mycket kreativt av de forskare som har tillgång till dem.

Samtidigt som vi haft vanliga, generella datorer i bakhuudet genom hela det här projektet, måste det göras helt klart, att vi ägnat oss uteslutande åt en av datalogins många underavdelningar, nämligen *artificiell intelligens* och främst dess underavdelning *expertsystem* (se sid 21). Det är värt att notera att en rad AI-forskare sysselsätter sig med att hitta lösningar på olika hårdvaruproblem. Förklaringar till de mest omtalade nya hårdvarulösningarna som parallell databehandling och inferensmaskiner med tillhörande programvaror finns under rubriken "Hårdvara".

Artificiell intelligens, AI, handlar i snäv mening om att

använda datorer för problemlösning med hjälp av symboler och om att göra mänskliga intellektuella funktioner programmerbara för datorer. Vi försöker helt enkelt utnyttja datorer som verktyg för att lösa intellektuella arbetsuppgifter så att vi ytterligare kan expandera vår förmåga att tänka. Då vi talar om artificiell intelligens i snäv bemärkelse, avser vi alltså vetenskapen om sådana datorprogram och programsystem, som *klaras av uppgifter vilka skulle kräva mänsklig intelligens om de utfördes av människor*. För att bygga sådana maskiner krävs vanligen inte bara kunskap om maskinerna utan också djup kunskap om de intelligenta funktioner man vill att datorn skall utföra.

I vidare bemärkelse kan vi säga, att AI har blivit en kognitiv vetenskap och att det vidare målet är att ge konkret form till alla de idéer om tänkandet, som tidigare har tryckts abstrakta, ja t o m metafysiska.

Till en början var målet för AI-forskarna att komma underfund med hur man kan programmera maskiner att utföra vissa ting människor gör, på människors sätt, fast snabbare och bättre. Man såg den perfekta, människoliknande datorn framför sig. Roboten HAL i filmen "2001 – ett rymdäventyr" brukar utpekas som en tänkbar framtida produkt av AI-forskningen.

Idéerna bakom artificiell intelligens vilar alla på samma grund – att det är möjligt att göra en modell, en förklaringsbild av hur människan fungerar och handlar. Som nobelpristagaren Herbert Simon påpekat räcker det dock med att göra en modell av hur människan hanterar information. Vi behöver alltså inte, vilket många trott, göra exakta kopior av de mikroprocesser, hjärnans biokemiska funktioner, som vi människor utnyttjar. Fåglar och flygplan flyger, men enligt olika principer. Människor och – kanske – datorer tänker, men också de enligt olika principer. Det räcker med att datorer hanterar information på samma sätt som människan.

Dagens AI-forskare har emellertid fått lära sig erfarenhetsmässigt hur litet vi ännu vet om oss själva. De ägnar sig därför i stora stycken åt att finna de underliggande

strukturer som man misstänker ligger bakom varje kreativ mänsklig handling.

Marvin Minsky, AI-forskare vid MIT, menar att det i mänskligt skapande, som till synes är ologiskt och ostrukturerat, finns osynliga och djupliggande strukturer, som vi hitintills inte "sett". Han påpekar också, att logiken kanske är ett mänskligt påfund, som sannolikt inte har något att göra med vårt verkliga sätt att tänka. AI ger oss instrumentet att finna och identifiera dessa osynliga strukturer. Ja, AI blir ett verktyg för oss att tänka på och om AI med!

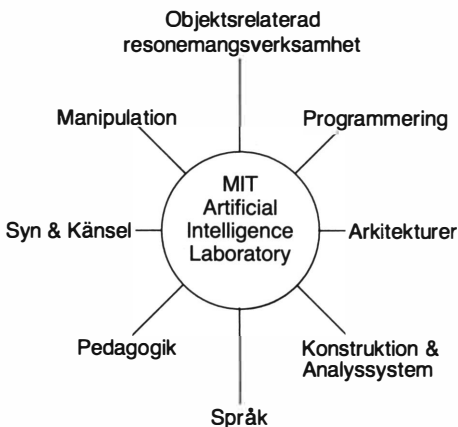
Däremot blir vi tämligen ställda inför tanken på vad som skulle hända om logiken verkligen inte finns.

AI-forskningen har alltså bidragit med den viktiga upptäckten att det mänskliga tänkandet är fiffigare och mer svårbegripligt än vi tidigare trott. Det gäller därför först att ta reda på vad intelligens är. Minsky undrar om det kanske är så att vi helt enkelt inte kan förstå vårt eget tänkandes grundfunktion, därför att då skulle vi "gå sönder", vi skulle manipulera oss själva – vilken tanke manipulerar själv denna tanke? Systemtekniskt sett kan inte ett system – människan – gå utanför sig själv och förstå "sig själv".

Samtidigt måste vi komma ihåg, att AI-forskarnas mest akuta problem är att göra dagens inflexibla datorer flexibla med hjälp av kedjor av formella regler. Man kan säga, att vi brottas med problemen kring de intelligenta systemens fysiologi. Den pågående AI-forskningen kan i stort alltså beskrivas som en metod för att bygga ett nytt paradigm för att tänka på människor, tänkande och kreativt handlande. AI-folket kallas därför ibland "the mind creators", ibland föraktfullt "the artificial intelligentia".

Viktigt är också att ha klart för sig, att allteftersom forskningen på området gör framsteg, så blir det allt klarare att den artificiella intelligensen till sin natur är tvärvetenskaplig. Det räcker inte längre med att vara specialist på symbolisk matematik eller avancerad programmering i högnivåspråk, för att göra framsteg på AI-området.

Inte heller är det tillräckligt att vara logiker, filosof eller



Artificiell intelligens är inte längre enbart en angelägenhet för dataingenjörer, matematiker och programmerare. Humanister och beteendevetare har sina givna platser i denna tvärvetenskapliga forskningsdisciplin. Så här har MIT, Massachusetts Institute for Technology, organiserat sin AI-institution.

syntaktisk teoretiker. Samtliga har nämligen sin givna plats inom AI-forskningen. Detta bevisas också av hur några av världens främsta centra för artificiell intelligens har organiserats. Låt oss ta det mäktiga MIT, Massachusetts Institute for Technology, som ett exempel. Där har AI-laboratoriet delats in i åtta delområden, omfattande pedagogik, språk, system för syn och känsel, manipulation (för robotstyrning), objektsrelaterad slutledningsförmåga, programmering, arkitekturer samt konstruktions- och analysystem. Ytterligare ett exempel är The Laboratory for the Study of Natural Language, som är en underavdelning av AI-laboratoriet vid Stanford-universitetet i Kalifornien.

Det nu två år gamla laboratoriet har samlat representanter för ett femtontal discipliner för att försöka komma fram till generella lösningar då det gäller att skapa förut-

sättningar för människan att kunna umgås med datorer med hjälp av vanligt vardagsspråk, s k naturligt språk.

Expertsystem

Expertsystem är den del av AI-forskningen som kommit längst vad avser praktiska tillämpningar. Vi menar här främst sådana dataprogram som sammanfattar ett betydande expertkunnande inom ett väl avgränsat och oftast mycket snävt område. Man har utvecklat metoder för att samla in och lagra mänskliga experters kunnande på ett sådant sätt att andra personer med lägre grad av expertis får tillgång till den samlade expertisens kunskaper och kan utnyttja dessa i sin egen expertroll. De har med andra ord på fingerlängds avstånd inprogrammerat expertkunskap, som kan användas för att lösa problem – och för att skapa! Vill man uttrycka sig i ännu enklare termer kan man grovt säga, att expertsystem går ut på att dela in företeelser i klasser och sedan sortera dem efter vissa parametrar.

Expertsystem kallas ibland även *regelbaserade system* eller *konsultationssystem*, vilket enligt vissa forskare är en korrektare beteckning.

De mest typiska egenskaperna för expertsystem är enligt den amerikanske AI-forskaren B.G. Buchanan:

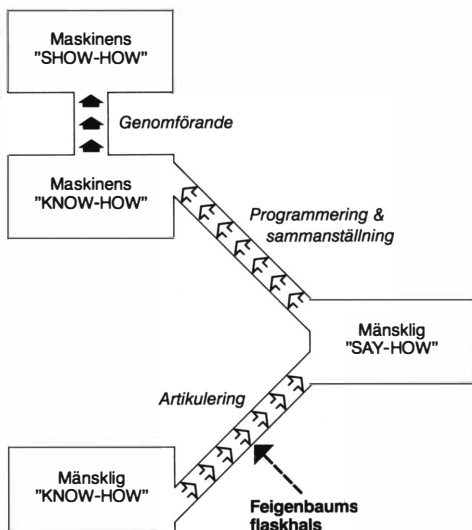
- att de erbjuder heuristiska (problemorienterade) lösningar i stället för de traditionellt analytiskt/algoritmiska. Detta betyder i klarspråk, att en vanlig data-logisk lösning saknas på det problem man arbetar med, eller att en sådan lösning helt enkelt inte går att räkna ut. I stället utnyttjar systemet en rad inprogrammerade tumregler och kunskaper, baserade på erfarenheter, och resonerar sig fram till tänkbara lösningar – datorn ”löser problem”;
- att de är transparenta för användaren. De resultat och förslag systemet kommer upp med, kan det också förklara och motivera bakåt i resonemangskedjan. Och

när helst användaren vill, kan hon eller han inspektera de aktuella regler och fakta i kunskapsbasen som ligger bakom rekommendationerna;

- att de är flexibla. Olika typer av hjälpmedel ingår i systemet, som tack vare dem kan hålla rätt på formuleringar och underhålla den inbyggda kunskapen.

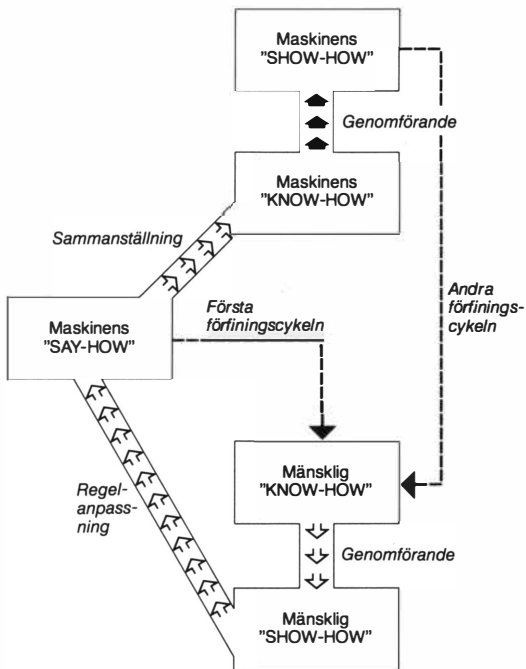
Ytterligare en kategori bör finnas med: beslutsstödssystem (decision support systems). De är enklare till sin struktur – ett slags programmerade kontrollistor (checklistor), som beslutsfattaren kan arbeta i dialog med.

Tre diagram över hur expertsystemens struktur förändras allteftersom vår kunskap utvecklas, enligt AI-forskaren Donald Michie.



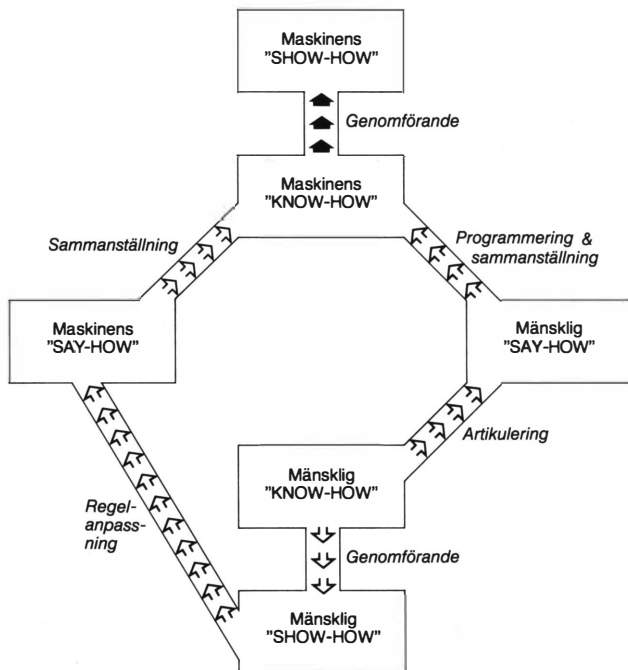
Så här är de tidigaste expertsystemen uppbyggda. Mänsklig "know-how" artikuleras till mänsklig "say-how", dvs experten talar om för programmeraren hur han/hon går

till väga i sin funktion som expert. Programmeraren "översätter" expertens kunskap till datorspråk, vilket blir maskinens "know-how", som den använder som "say-how" till användaren av expertsystemet. Forskaren Edward Feigenbaum påpekade tidigt att den svagaste länken är expertens oförmåga att klä i för andra begripliga termer hur han/hon går tillväga.



Genom att programmeraren lär sig tolka expertens handlingar – "show-how" – och översätter dessa till en uppsättning enkla regler, bygger datorn på egen hand upp sitt "know-how", sin kunskapsbas, genom att dra slutsatser av de regler den fått inmatad. På så sätt kan man undvika den inexakta Feigenbaumska flaskhalsen. En variant är

att experten själv lär sig programmera in sin egen kunskap, vilket är ett av målen för forskningen kring naturligt språk. Det är nämligen enklare att lära en expert programmera än att lära upp en programmerare till expert!



Målet för dagens utvecklare av expertsystem är att helt enkelt lära datorn tolka mänskligt "show-how" för att utifrån detta bygga upp sin kunskapsbas. Då något är oklart, ställer datorn frågor till experten till dess att den "förstår", dvs till dess att det luddigt uttryckta kan överföras i en eller flera dator-regler. Sådana "återföringskontroller" eller "förfiningscykler" kan ske vid flera tillfällen under uppbyggnadsprocessen. Avsikten är givetvis också att datorn kontinuerligt "lärt sig nytt" genom att bygga in ny kunskap allteftersom expertsystemet utnyttjas.

Vad expertsystemens skapare vill nå fram till är, att dessa system kan prestera kunskap på samma nivå som de mest framstående mänskliga experterna inom ett avgränsat område. Man uppnår detta genom att förse sin dator med stora kunskapsbanker, som genererats av mänskliga experter, och en uppsättning regler för hur datorn skall manipulera sin kunskap för att komma fram till "riktiga" slutsatser.

Ett expertsystem kan alltså göra kvalificerade gissningar och utifrån dessa analysera resultaten av testkörningar, så att det kan korrigera eventuella felaktigheter i dess egna förutsättningar.

Listan över användningsområden för existerande och fungerande expertsystem kan redan i dagens läge göras lång. De används t ex av läkare för att ställa olika medicinska diagnoser vad avser infektions- och lungsjukdomar. Cancerforskare använder dem. Oljebolagens och mineralletarnas geologer har i expertsystem god hjälp i sitt prospekteringsarbete. Medicinska företag använder dem i sina laboratorier för att skapa nya läkemedel. Datasystemutvecklare använder dem för att bygga upp stora, komplexa datorer. Kemister använder dem för att bygga nya molekyler. Och matematiker kan använda dem för att ta fram hittills okända samband inom aritmetiken. Ekonomer och bankmän använder dem för att göra prognoser och ge råd om hur olika individer i olika inkomstlägen bäst skall investera. Verkstadsindustrin bygger svetsande robotar, musiker komponerar musik. Och överviktiga individer bantar – allt med hjälp av expertsystem.

Ännu arbetar man inte på allvar med expertsystem som jourhavande psykolog eller psykiater, även om det av en händelse blev det område där några av AI-pionjärerna först började. ELIZA heter ett berömt embryo till ett expertsystem, som fungerade som partner i dialoger om samtalspartners mentala hälsotillstånd. Det invaggade "patienten" i trygghet i så hög grad, att systemets irriterade konstruktör Joseph Weizenbaum tagit avstånd från hela konceptet AI, eftersom han alltför väl känner systemens

inneboende – och oftast för användaren dolda – svagheter! Därtill, Weizenbaum byggde sitt system för att i praktiken visa, att det var möjligt att programmera en dator till att ytligt sett förnuftigt interagera i dialogform, *inte* för att systemet skulle fungera som något slags stand-in-psykolog!

När Weizenbaum velat demonstrera tomheten, upplevdes tomheten som meningsfull... Problemet är inte banalt. Är det etiskt att vägra ge denna tröst per dator för att man tycker att den är falsk?

Hårdvara för "intelligent" mjukvara

Då vi i dag talar om och tänker på hårdvara i samband med expertsystem och system baserade på artificiell intelligens, är det ofta fråga om mycket stora datorer med minneskapacitet på flera megabyte, ja, gigabyte.

Men det kommer också i rask takt allt fler program avsedda för mindre system, för mikrodatorer och persondatorer. Dessa program är oftast s k skalprogram, dvs skalet tillhandahåller regler, användaren fyller skalet med eget expertinnehåll. Programmet hjälper till att dra logiska slutsatser av den kunskap användaren matat in i programmet och gör samband synliga.

Speciellt viktigt är det att vara medveten om att alla dessa system har många begränsningar, och att de skall betraktas som *verktyg* och *inte* som ersättare för mänsklig expertis.

Ett enkelt expertsystem kräver omkring 500 regler, ett mer kvalificerat omkring 2 000. För att klara av enbart regelhanteringen i de storleksklasserna krävs ett internminne på minimum 512 kbyte. De persondatorer vi har till envars förfogande i dag har vanligen minneskapaciteter på omkring 126 kbyte. Visserligen är det möjligt att utveckla program på just 126 kbyte-system, men de ter sig dock något rumphuggna även om de i sin begränsning ändå kan vara till nytta och glädje. Samtidigt har persondatorexplosionen lett till att många, många individer lärt sig använda

sina små system för att lösa dagliga problem på områden som diagnos, konstruktion, planering och beslutsfattande, dvs de har tagit första steget mot att använda datorn som ett verktyg för kreativ problemlösning.

Persondatorn möjliggjorde därtill "kunskapskooperativ". Man kan påstå, att persondatorn öppnat den hitintills mycket svårtillgängliga "tekniska" världen även för en rad icke-tekniker. Persondatorn har också fått ett symbolvärde – den markerar en tillhörighet med framtiden, den "högteknologiska" framtiden. En nyckel i denna värld är känslan av att kunna behärska, styra, sin egen tillvaro. Persondatorn används som ett verktyg att tänka med. Att förstå sin persondator är att ha bevisat för sig själv att man visst kan förstå också mycket komplexa skeenden och situationer. Persondatorn får en plötsligt att "se" alla de olika typer av tänkande man faktiskt är kapabel till. Den utmanar i bästa fall den inneboende kreativiteten.

Inom den teknikens kultur, som datorerna ofta ses som de främsta representanterna för, finns en lång rad olika "subkulturer", varav datakulturen är en. Inom datakulturen finns i sin tur också en lång rad olika subkulturer där individer med olika sätt att se på datorer tenderar att slå sig samman gruppvis, i klubbar och föreningar, formella eller informella. Exempel på subkulturer är t ex gruppen av "hackers", en annan är medlemmarna i FOAs KOM-system, en tredje de forskare, som håller på med artificiell intelligens, en fjärde sekreterare, specialister på att använda olika typer av ordbehandlingssystem. Det viktiga är att komma ihåg, att det inte finns ett enda sätt att se på datorer, utan många, många.

En paradox? Egentligen inte. Ett exempel: Det cirkulerar i USA en rad program, tillgängliga för några hundratal dollar, som fungerar som "ekonomiska experter" och ger goda råd då det gäller t ex vilken typ av aktier och obligationer man skall investera i, hur mycket man bör investera relaterat till en lång rad faktorer som ålder (!), inkomst, utgifter, sparkapital etc.

Antag att *ett* sådant investeringsprogram blir domine-

rande. Då kommer fiffiga aktiespekulanter att veta hur de skall kunna manipulera marknaden – och programmet blir självförstärkande – kreativiteten blir självförstörande. Kreativiteten ligger ju i att göra tvärtom.

Den här typen av "datorprogram åt folket" låter väl i och för sig bra, men *problemet med dessa program är att de i själva verket inte är ett dugg "intelligenta" enligt någon definition*. De kan nämligen inte "lära" sig av sina misstag, ja, de kan inte ens ta reda på om de slutsatser de kommer fram till är rimliga. Skulle de komma att marknadsföras på fel sätt, som ersättare av det egna mänskliga tänkandet, blir konsekvenserna ohyggliga.

Detsamma gäller vad som kan kallas "nestor"-programmet på det medicinska området, MYCIN, som är ett verktyg för att ställa diagnoser på infektionssjukdomar. Nuvarande varianter av MYCIN är ganska enkla, men detta interaktiva system står som modell för framtidens expertsystem för medicinsk diagnos. Problemet med MYCIN är detsamma som för de ekonomiska mjukvarupaketen – reglerna enligt vilka det arbetar är fixerade och därmed begränsande, samtidigt som det endast i ringa utsträckning kan avgöra rimligheten i sina rekommendationer. Även detta relativt sett avancerade system är alltså ointelligent och drar inte några slutsatser av sina eventuella feldiagnoser på egen hand. Det betyder, att MYCIN helt enkelt upprepar samma procedurer om och om igen utan att "lära nytt". Sådana här system kan faktiskt få rakt motsatt effekt och bli direkt anti-kreativa, eftersom de tvingar in användaren i ett mönster, som från början inte alls var avsikten. Som en konsekvens kan persondatorer kanske enkelt bli ett opium för folket för regeringar med tyranniska ambitioner?

Intelligenta maskiner måste alltså kunna lära sig själv, komma till rätta med innebörden av felaktiga slutsatser etc. Men de måste också kunna lära ut på ett effektivt sätt, lära ut utan att begränsa.

Nu sker det en explosionsartad utveckling på hårdvaruområdet, där de små datorerna kommer att bli oändligt

mycket kraftfullare. Den utvecklingen sker i främsta rummet på mikroprocessornivå, där det håller på att bli vardagsmat med s k VLSI-kretsar, och t o m VVLSI, dvs Very respektive Very Very Large Scale Integration. I det japanska "Femte generationen"-programmet finns en mängd sådan elektronik, liksom i de mycket avancerade datorer amerikanerna använder i rymdprogrammet. Därtill kommer nya komponenter i nya material – vad gallium-arsenid-komponenterna och de eventuella biologiska kretsarna kan medföra i form av snabbhet, säkerhet och packningstäthet vet vi egentligen ännu inte så mycket om, eftersom vi står i början av deras utvecklingsfaser.

Vi vill bara påpeka, att utvecklingen på forskningsnivå går fort. Däremot tar det betydligt längre tid innan forskningsresultaten blir produkter för massmarknaden. Ett exempel är de optiska datorerna – komponenter har vi haft en relativt lång tid, och de första optiska datorerna är också i full gång i ett par av världens laboratorier. Men sannolikt kommer det att dröja omkring tio år innan vi har den typen av datorer i våra kontor och på fabriksgolven.

Professor James Meindl vid Stanford University har dock nyligen förutsagt att vi före utgången av det här årtusendet kommer att kunna packa fler än en miljard transistorer på en enda kiselflisa ("chip") och att det blir vardagsmat att vara omgiven av system, som integrerar 100-tals dylika kretsar i de s k parallellprocessorerna.

Framtida militär hårdvara. Amerikanska Department of Defence (DoD) har satt upp artificiell intelligens som en av de tio mest kritiska teknologierna för resten av det här seklet. Utan forskning på det området kommer man inte särskilt långt i t ex sitt Strategic Defence System, populärt "Star Wars"-programmet. Inte heller kan man förverkliga de projekt om självgående tanks och robotstyrda flygmaskiner som står på DoDs utvecklingsprogram. Men problemen är många, dels måste de datorer som skall vara styrenheter i dessa system vara mycket tåliga fysiskt sett, dels måste de vara otroligt snabba. Och inte heller här

räcker dagens sekvensiella datorer särskilt långt. Ett expertsystem för navigering av ett fordon över ojämna mark måste kunna hantera 6 500 regler, som i sin tur måste kunna behandla minst 7 000 regler med tillhörande insamlad information om omgivningen *per sekund*! Utifrån den kunskapen är det enkelt att inse hur mycket som är ogjort på området.

Med regler i samband med expertsystem menar vi i dag den enkla logikens "om-så-regler", vilka utgör basen i expertsystemens resonemang, t ex "om Eva är kär i Kalle och Kalle är en pojke, så är Eva en flicka". Dagens expertsystem innehåller endast i undantagsfall fler än 1 000 sådana regler, och de behandlar dem knappast snabbare än med en hastighet av 100 regler/sekund. Detta duger inte för DoDs självgående stridsvagnar. De måste vara så avancerade att soldaterna enbart kan ägna sig åt taktiska och strategiska beslut, vilket betyder att dess datorer måste klara av att integrera information från åtminstone nio olika kunskapsbaser, dvs intelligenta databaser rörande t ex taktik, strategi, flygövervakning med möjlighet att identifiera fiendeplan, navigation, operationellt mål och analys av fientligt försvar.

Låt oss fortsätta – ett seende system, som fungerar i realtid, dvs på samma sätt som de mänskliga och animala systemen, måste klara av mellan 10 och 100 miljarder instruktioner per sekund. Taligenkänningssystem ställer liknande krav, och stridsledningssystem, s k "battle management systems", kräver processorhastigheter på 10 miljoner instruktioner per sekund.

Vad har då dessa framtidens krigsmaskiner med kreativitet att göra? Jo, de finns med här därför att det är på dessa områden de mest kvalificerade analyserna av den komplexa mänskliga verkligheten finns.

Vi vill helt enkelt påvisa med kalla fakta att sökandet efter intelligenta maskinhjärnor också har lett till att en stor mängd inbyggd mänsklig kunskap har blivit synlig på ett mycket påtagligt sätt. Vi har med andra ord fått en bättre förståelse för våra egna sätt att fungera, en bättre

självkännedom. Och det kommer kreativiteten till godo. Åtminstone borde det göra det. Detta kommer dock att vara avhängigt av vilken utveckling vi väljer att prioritera. Av historien att döma blir det sannolikt den militära. Det är skrämmande, och frågan om all den kunskap mänskligheten skaffat sig för att föra krig ändå väl borde kunna användas också för fredliga ändamål känns speciellt berättigad.

Den intelligenta stridsledningscentralen. I Bell-laboratorierna ägnar man tid åt att studera snigelhjärnor för att tillföra AI-forskningen ytterligare kunskap om kunskap. Hos MacAuto samarbetar psykologer, pedagoger, neurologer och dataspecialister med svetsare och språkvetare för att bygga upp generella expertsystem för svetsning. Båda typerna av forskning och utveckling tillför ny kunskap, och de visar på hur vida de ramar är vi rör oss inom då det gäller AI. Ännu en gång – mångfalden dominerar. All denna kunskap och forskning till trots, föreställer sig den amerikanske AI-veteranen Edward Feigenbaum 1988 års stridsledningscentral i Pentagon på följande sätt (för att inget av poängen skall förloras citerar vi det hela på engelska):

”The computer, capable of one million inferences per second, suddenly announces:

– Missiles are coming!

The agitated generals ask:

– Over land or over water?

The computer replies:

– Yes.

The generals, even more agitated, bellow:

– Yes what?

The machine replies crisply:

– Yes, sir!”

Ändå är dagens existerande expertsystem långt från denna högintelligenta konversationsnivå, vilket ger en hänvisning till var vi står i forskningen. Men de är ändå nyttiga i all sin begränsning.

Mångfald

Slutsatsen är att det är svårt för att inte säga omöjligt att ha någon entydig uppfattning om vad som kommer att vara den ledande tekniken för intelligenta system om tio år, om tjugo år och därefter.

Det mest sannolika är, att det framöver inte kommer att handla om *en* typ av teknik, mjukvara och hårdvara, utan om *många*. Persondatorer som är tio till tusen gånger snabbare än dagens system kommer givetvis att finnas. Med dessa blir också AI- och expertsystemen tillgängliga för persondatoranvändaren i långt högre utsträckning än i dag.

Super-super-datorer typ de jättelika maskinerna från Cray, IBM, Hitachi och Fujitsu kommer att ha sin givna roll då det gäller *mycket* snabb behandling av ofattbart stora mängder data. Men – dessa mycket dyra system i multimiljondollarklassen är inte tillgängliga för särskilt många – för vem behöver egentligen göra mycket stora beräkningar? Jo, matematiker, ett antal fysiker, en och annan kärnfysiker, experter på elektronisk bildbehandling och specialister av liknande slag. I dag finns enligt Hambrecht & Quist 140 superdatorer installerade över hela världen. 1990 kommer de att vara 200. Dessa sifferkvarnar används främst för analys av geologiska formationer för oljeexploatering, simulering av olika materials belastningsförmåga för bilindustrin, och för att generera animerade filmer.

Danny Hillis, en ung AI-forskare och uppfinnare som arbetar tillsammans med professor Marvin Minsky vid MIT, håller på att konstruera en s k "Connection Machine", som kommer att ha sin plats bland de parallellprocessorer MIT, The Carnegie Group och flera andra arbetar på. Paralleldatorer griper sig an ett problem från många håll samtidigt och bryter upp ett problem i många underproblem, som behandlas samtidigt i olika processorer i datorn. Hillis "Connection Machine" skall bestå av 65 000 sådana processorer. Några av dessa olika typer av datorer

finns redan i sinnevärlden. Storföretagen tävlar i att vara först, störst och snabbast. "The Connection Machine" skall enligt planerna lanseras nästa år, om all utveckling hos företaget Thinking Machines Inc. går som den skall. I MITs och Carnegie Mellons laboratorier – och förmodligen i många andras – står redan parallellprocessorer och bearbetar stora mängder data på obegripligt korta tider.

Lite längre fram i tiden kommer vi att få stifta bekantskap med massproducerade optiska processorer som arbetar med ljusets hastighet. Hur de biologiska eller biotroniska datorerna kommer att te sig, är svårare att föreställa sig. Det finns också en viss sannolikhet för att vi även i det sammanhanget kommer att stöta på Danny Hillis – han är något av ett tvärtekniskt geni. Dels har han uppfunnit ett plåster, som fungerar som huden, dvs det har känsel, elasticitet, läkande förmåga osv, dels tillhör han en liten grupp datorspecialister som tillsammans med några neurofysiologer arbetar på att lösa en del av hjärnans mysterium enligt hypotesen att människohjärnan består av mycket täta nätverk.

Hjärnan

Vår primitiva kunskap om hjärnan och dess funktioner kan mycket grovt sammanfattas så här:

- en mänsklig hjärna är uppbyggd av cirka tio miljarder neuroner;
- då man tänker genomgår vissa av dessa neuroner komplicerade elektro-kemiska förändringar;
- att generera en elektrisk puls i en neuron tar en millisekund. En vanlig transistor i en modern mikrodator behandlar en bit information på miljarddelars sekunder. Hjärnan är alltså ungefär 100 000 gånger långsammare.

Utifrån detta blir givetvis frågan var hjärnans enorma kapacitet har sitt upphov. Först 1985 uppgick den samlade

produktionen av datakraft till något som motsvarar en enda mänsklig hjärna! Vi vet inte, men forskarna tror för närvarande att varje neuron är förbunden med 10 000-tals andra i ett oändligt kompakt nätverk. Man kan, om man vill, betrakta hjärnan som en jättelik parallellprocessor. Hillis "Connection Machine", den nära förestående, kommer alltså att innehålla 65 000 parallellkopplade processorer. IBM arbetar på en parallelldator, ett experimentsystem, baserat på 512 mikroprocessorer. . .

Om de viktiga relationerna hjärna – psyke vet vi ännu mindre. Dock kan forskare som den svenska stressspecialisten Marianne Frankenhæuser påvisa, att den som är bekväm av sig och inte är motiverad att hela livet igenom lära nytt, också åldras tidigt. Kreativitetsstimulerande datorer kan användas till att hålla människorna aktiva då det gäller att lösa problem!

Vilka slutsatser drar vi av detta? Jo, bl a att dagens AI-forskare i själva verket kan ha en helt felaktig föreställning om hur människan tänker. *Om* det nu visar sig, att tänkandet är avhängigt av *hela* det mänskliga, biologiska systemet i stället för att enbart vara förvisat till hjärnan, och *om* helt imaginära kopplingar i stället för meningsfulla symboler från en objektiv verklighet är basen för hur människan kategoriserar, då står dagens AI-forskare inför mycket stora problem.

Möjligheterna är alltså många, och mångfalden innebär i sig en lång rad andra möjligheter som vi ännu inte kan föreställa oss. Allteftersom hårdvaru- och mjukvaruproblemen löses, får vi allt bättre möjligheter att koppla ihop många olika typer av system, av hårdvara, som arbetar olika snabbt och med olika typer av uppgifter, och då blir frågan – kommer vi att nå den hyperintelligens som den amerikanske professorn George Bugliarello vid New York Polytechnic menar att man kan uppnå genom att "koppla ihop" många mänskliga hjärnor, hjälpta av många maskiner och databaser?

Vi kommer att få allt snabbare system, allt kraftfullare och allt flexiblare. Samtidigt blir de allt mer användaran-

passade — det finns redan i dag datorer som människan kan kommunicera med på sitt eget språk och inte på datorernas kodifierade, och för den oinvigde ofta kryptiska och misshandlade, lingo. Tekniken inne i burkarna blir allt mindre intressant för användaren, samtidigt som tekniken för att kommunicera med systemen på användarens villkor blir det allt överskuggande. Först då maskinerna kan "förstå" vad vi säger i vanlig samtalston eller ta emot våra kommandon genom att vi pekar på en skärm, blir datorerna självklara verktyg för det människan är bäst på — kreativt arbete.

Visserligen blir innehållet i datorerna och dessas funktioner allt mer obegripliga och oåtkomliga för den icke invigde. Men å andra sidan är det ju långt ifrån alla bilförare, som är särskilt beivrade i hur en vanlig förbränningsmotor fungerar. Ändå drar vi oss inte i någon högre utsträckning för att använda bilen till vardags. Sak samma gäller telefon, diskmaskin, videospelare och kameror, radio och television.

Kreativt tänkande

Det finns ingen bra, allomfattande modell eller teori för hur den kreativa processen fungerar. Kanske har det samma djupliggande orsaker som det faktum att vi inte riktigt vet vad som händer när vi tänker.

Skulle då inte Herbert Simons argument gälla också här? Alltså att det räcker med en modell av kreativt tänkande som återger detta tänkandes principer utan att avbilda det på "atomär" nivå?

Mycket ytligt brukar man beskriva idéprocessen i stegen problemmedvetande—förberedelse—inkubation—illumination—verifiering—kommunikation, en beskrivning på vilken det finns många varianter. Själva hemligheten, inkubation plus illumination, dvs när idén plötsligt springer fram, aha-upplevelsen, kommer dock inte denna beskrivning åt.

Arthur Koestler lanserade i en klassisk bok, "The Act of Creation", begreppet bisociation: när två tanketrådar i två helt olika dimensioner oförmodat möts. Han exemplifierade från skämtets, vetenskapens och konstens kreativa världar.

Koestler var inte vetenskapsman, och forskare har tagit avstånd från hans bild på den grunden. Det hindrar inte att de knappast kommit upp med något obetingat bättre eller ens något som inte är mycket annat än Koestlers idé i vetenskaplig förpackning.

Psykologen Alfred Rothenberg beskriver kreativiteten som ett Janus-tänkande: man ser åt två helt olika håll samtidigt, och kombinerar, pressar ihop, två normalt helt omöjliga eller orelaterade företeelser, begreppsvärldar, synsätt. Även Rothenberg ger exempel på hur denna "tankeметод" tillämpas.

Rothenberg argumenterar också mot en teori, skapad av psykoanalytikern Silvano Arieti. Arieti beskriver tänkandet i flera skikt eller processer. Det undermedvetna, emotionella och "paleologiska" tänkandet är det mest ursprungliga. I drömmen kan vi möta denna typ av tänkande.

Den andra tankeprocessen är logiken, det medvetna tänkandet. Som vi vet är kreativitet att ifrågasätta vanlig logik. För Arieti är detta en tredje process, ett samspel mellan paleologik och logik. Tanken "studsar" mellan dessa bägge skikt – något som Arieti exemplifierar.

Arieti gör också ett försök att sammanbinda sin teori med modern hjärnfysiologi. Det är då Sperrys bild av de två hjärnhalvorna han anknyter till. Den vänstra motsvarar ju (i stort sett) högra sidan på kroppen, ljus, logik, verbal förmåga etc, medan höger hjärnhalva är mörker, känslor, tidsberoende, vänster kroppssida etc.

Arieti betonar samspelet mellan dessa i den kreativa processen. Det bör understrykas att Sperry inte ger grund för någon förenklad bild av höger hjärnhalva som kreativitetens säte, vänster som intelligensens. Båda behövs, samspelet är intrikat och föga kartlagt.

Dessa olika modeller av den kreativa tankens vägar har vissa gemensamma drag. Michael Dertouzos, dataprofessor på MIT, och Matti Bergström, psykologiprofessor i Helsingfors, har en annan modell. Dertouzos variant är att vi i hjärnan har en ”galning” som ställer ”galna” förslag. Av ren självbevarelsedrift lär vi oss att sortera bort de flesta av dessa, vi lär oss redan som barn att se verkligheten i vedertagna mönster och bara acceptera vissa idéer som gångbara eller tillåtna.

– Kreativitet, menar Dertouzos, är att ha ett filter som gör sällningen mindre effektiv. Det släpper fram vissa galna idéer. Men bara de galna idéer som innehåller något konstruktivt. Man kan få denna bild att någorlunda gå ihop med Arietis.

Även Edward de Bono, maltesisk läkare och världsberömd kreativitetsguru, som präglat begreppet lateralt tänkande, har en modell för hjärnans arbetssätt. Lateralt tänkande går på tvären och skiljer sig från linjärt, dvs vanemässigt, tänkande. ”Lateralt – då gräver man en ny grop på ett nytt ställe, linjärt – då fortsätter man att gräva den gamla gropan djupare.”

– Linjärt tänkande är oundgängliga, bekväma, automatiska tankemönster, säger de Bono. De ger tankandet ekonomi. Hur uppstår det? Hjärnan är självorganiserande. Den präglas av tidigare erfarenheter. För att tänka lateralt krävs att man kommer ut ur detta självorganiserade mönster. Det gäller att gräva gropan på ett nytt ställe, att hitta en helt ny tråd. De Bono har också utvecklat metoder för detta.

En gemensam viktig förutsättning för kreativitet är att individen behärskar och själv styr det område han/hon är kreativ på.

Kreativa metoder

De kreativa metoderna kan delvis härledas ur modeller av den kreativa processen. Det gäller att undvika tankemöns-

ter, blockeringar och logik. Det gäller att skapa bisociationer och titta åt flera håll samtidigt. Många och disparata intryck blir något viktigt.

Det finns två huvudtyper av kreativa metoder, systematiska och intuitiva. De systematiska innebär att man skapar en bild av de olika samband och dimensioner som karakteriserar en företeelse eller ett problem.

Morfologisk analys är en sådan metod. Det gäller att beskriva problemet i olika dimensioner, och för varje dimension beskriva olika möjligheter. Med fem dimensioner och sju möjligheter per dimension blir antalet tänkbara kombinationer, av de 35 möjligheterna, $7 \times 7 \times 7 \times 7 \times 7$ eller ca 15 000 möjligheter. De 35 möjligheterna ser över-skådliga ut, men för att hålla reda på de 15 000 kombinationerna krävs en dator.

Korsverkansmatriser används för att beskriva hur en faktor av ett antal i en dimension påverkar en annan faktor i en annan dimension. Med många dimensioner och faktorer blir det också här rätt omöjligt för hjärnan, ens med hjälp av papper och penna, att hålla ordning.

En tredje sådan systematisk metod är att göra relevans-träd, att systematiskt bena upp hur olika delfunktioner hänger ihop.

De intuitiva metoderna går nästan alla tillbaka till brainstorming, även om man allt mer förfinat denna enkla princip (som likväl och alltid följs).

Brainstormings grundläggande idé är att flera människor, som arbetar i grupp, kan stimulera varandra. Filter och blockeringar hålls korta genom att kritik är explicit förbjuden. Man betonar att udda idéer, humor och många idéer – inte kvalitet, dvs i någon mening ”bra” idéer – skall vara välkomna.

Forskare har funnit att det faktiskt är ännu effektivare, räknat på antal idéer, med individuell brainstorming. Dock ger grupparbetet fördelar när det gäller att föra en idé vidare, eftersom alla i gruppen känner sig engagerade för den.

Ur detta har också framsprungit bättre metoder att för-

bereda sig, att sätta samman grupper, att definiera problem, att arbeta in idéer etc – t ex CPS-metoden och ”planned invention”.

Ett korsdrag av idéer, fakta, impulser – många kontakter och kombinationer är det centrala.

de Bono har i sitt laterala tänkande koncentrerat sig på att skapa verktyg för att undvika de vanliga tankemönstren. Det gäller att undvika ensidighet, att alltför snabbt fördöma eller acceptera en idé, att granska från många sidor. Det gäller också att starta från någon helt ny utgångspunkt, t ex genom att slumpmässigt hitta ett ord eller en företeelse, som det gäller att tvångsvis kombinera problembilden med.

Synectics är ytterligare en metod, som bygger på ”att göra det välbekanta främmande och det främmande välbekant”. Det sker genom att ändra dimension på olika faktorer i problemet, inte minst genom ett konsekvent arbetande med modeller och analogier, t ex biologiska analogier och rollspel.

Även här handlar det om att bryta upp vanetänkandet och se med friska ögon.

Innovationsprocessen

Vi ska inte här ge någon uttömmande beskrivning av innovationsprocessen i dess helhet, endast peka på några viktiga problem, som datorer på sikt kan komma att lösa.

En viktig framgångsfaktor är att undvika att säga nej till idéer utan att först pröva dem. Detta kan också formuleras så att envar skall ha tillgång till små resurser – det kan vara t ex verkstadsresurser, inte pengar – för att pröva en idé, utan omständlig beslutsgång eller budgetbehandling.

Här skulle datorer kunna spela en roll. Med tillgång till datorbaserade modeller blir det kanske både billigare och snabbare att pröva en idé, att låta den ”torrsimma” i datormodellen. Avancerade och lättillgängliga simulerings-system spelar redan rollen som ”idéprövare”.

En sådan modell gör det ibland möjligt att se problemet klarare, att renodla. Annars bör själva *snabbheten* i beskedet, i resultatet, understrykas. Uppfinnare och andra kreativa människor är otåliga. Dessutom genererar de nya idéer, ofta med halsbrytande snabbhet. Och den nyaste är oftast den mest spännande.

Den enklaste modellen av den kreativa processen slutade med "kommunikation". Ett stort hinder för många idéer är, att deras upphovsmän inte kan förklara dem, beskriva och visualisera dem. Även här kan datormodeller hjälpa till och övervinna kommunikationshinder.

En annan viktig resurs i den tidiga utvecklingen av en idé är tillgång på information. Man har kunnat avläsa tydliga positiva effekter av "technological gatekeepers", informationsekorrar, som vet var information av alla de slag finns att skaffa, och som också glatt gör det – och delar med sig.

Sådana "informationsekorrar" har inte bara kunskap om bibliotek och databaser utan även om individer och institutioner. De ingår i omfattande sociala nätverk.

Uppenbarligen kan bättre databaser och lättare åtkomliga datorstödda konferenser göra information lättare åtkomlig. Vidare gör datanät att dessa gatekeepers ännu lättare kan nå längre ut i kunskapens gränsmarker – och ännu snabbare.

Ett problem med innovationsprocessen är att den är så mångfasetterad. Det finns över 250 bestämningsfaktorer, och det existerar ingen 80–20-regel – dvs det är inte ett fåtal bestämningsfaktorer som dominerar. Allt bestäms av innovationens typ, och denna kan endast beskrivas i många dimensioner.

Detta gör att även stora företag har svårt att bygga upp ett system för innovation, en "modell" och en "portfölj" där man balanserar risker och tillgodogör sig egna erfarenheter. Dessa erfarenheter och dessa projekt är helt enkelt för få i relation till det stora antalet dimensioner och kan därför inte ge någon god bild.

En innovationsprocess-bild, som skapades kollektivt av

flera företag, skulle däremot hjälpa alla. Bakom ett företags halvtomma portfölj finns då kanske en "skuggportfölj" som fyllde upp tomheten och gjorde olika kalkyler och angreppssätt mer helhetsbetonade.

Ett sådant samarbete mellan konkurrenter eller geografiskt och branschmässigt olikartade företag kräver någon "mediator", någon sammanhållande länk. Datorer och datanät skulle kunna erbjuda detta – inklusive anonymitet och integritet.

Inbyggd flexibilitet

Professor Chris Argyris, också han amerikan, har studerat problemen med de isolerade funktionerna hos mänskliga system och den därmed sammanhängande inflexibiliteten, något som vi snuddat vid. Han har satt ett namn på sin hypotes – "double loop learning", vilket betyder att det hela tiden finns två olika system som samverkar (*eller motverkar* varandra), det ena inne i det andra.

Låt oss ta ett exempel:

Ett företag fungerar utomordentligt bra och är mycket lönsamt. Resultatet blir, att alla är nöjda med det som det är, och man ser helt enkelt inte de förändringar som inträffar i omvärlden och som på lite sikt direkt kommer att påverka företagets överlevnadsförmåga. Man effektiviserar inom givna ramar, "lär sig" inom dessa. Det svenska företaget Facit kan vara ett exempel: allt bättre mekaniska kalkylatorer, världens bästa och billigaste. Varvsindustrin kan vara ett annat exempel.

Argyris menar, att det utanför det inre inlärningssystemet, "att göra samma sak bättre", måste finnas ett yttre inlärningssystem, vars uppgift är att ställa allting i företagets omvärld på huvudet för att på så sätt simulera vad som då skulle kunna hända med det "framgångsdrabbade" företaget. Det yttre systemet skall ifrågasätta om man gör *rätt sak!*

Man kan tänka sig att bygga in liknande dubbla öglor i

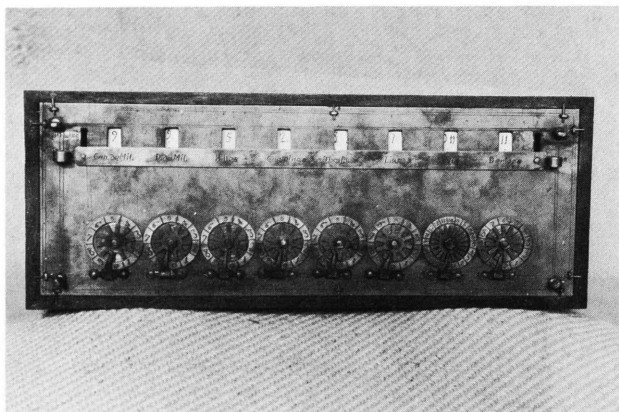
expertsystem, så att användaren enkelt kan få reda på hur det hela kommer att te sig om precis det motsatta från det förväntade skulle inträffa. Ett sådant expertsystem skulle också kunna simulera samtliga alternativa lösningar som överhuvudtaget är tänkbara – problemet är sedan, när det "otänkbara" inträffar! Man får med andra ord fram ett underlag för strategiskt beslutsfattande genom att bygga in expertsystem i expertsystem, där det ena systemets funktion är att ifrågasätta det andra. Intressant är att fundera på vilka konsekvenser detta skulle kunna få för olika praktiska tillämpningar. Tanken att konflikt skapar kreativitet ligger nära till!

Omvänt finns det en risk med dagens datorsystem. De dubbla öglorna behöver två *olika* system. I den inre slingan lär man av erfarenheten. Den erfarenheten blir ett problem, en kvarnsten om halsen, en tröghet när den yttre slingan observerat att det är dags att byta arbetsuppgifter. På ett fundamentalt plan handlar det om organisationens vertikala och laterala tänkande. Det gäller att separera de två systemen! Ledningen, "den yttre slingan", kan med hjälp av expertsystem och datorbaserade konferenssystem få till stånd ett nära och intensivt samarbete mellan t ex olika forskare – med externa "ifrågasättanden", obundna av den interna "effektiviteten".

För att den yttre slingan skall få impulser till omtänkande och ifrågasättande kan man tänka sig att olika expertsystem i kontakt med olika kreativa kunskapsbaser kopplas samman till "hyperkreativa system", där många olika erfarenheter tas tillvara och där olika "svaga signaler" och nya, "udda" idéer kan lanseras. Med hjälp av de hårdvarusystem och den systemmjukvara de militärt orienterade forskarna vid t ex DARPA och DoD jobbar fram blir detta realistiska vardagsbilder i en nära framtid, även om vi måste se upp med de simplistiska syndrom som Feigenbaums "generalsystem" uppvisar.

Generationer

Ytterligare ett begrepp, som är av vikt att ha klart definitionsmässigt då det gäller AI, är ordet generation. Man talar mycket om t ex Japans mångmiljardsatsning på "femte generationens" datorer. Här använder vi oss av en pragmatisk definition av begreppet, baserad på den nytta vi som användare kan räkna med att ha av varje generations system. Vi tillåter oss också att hoppa över de båda första generationerna, som snarast kan betraktas som utveck-



Dagens supersnabba datorer har sina rötter i tidiga idéer om mekaniska räknemaskiner. De äldsta går tillbaka till 800-talets arabiska matematiker. På 1600-talet fick den 18-åriga franske matematikern, fysikern och religionsfilosofen Blaise Pascal en idé att bygga en automatisk räknearrät till sin far, som var skatteuppbördsman. Pascals princip lever kvar i dagens vägmätare, taxametrar och elmätare. Ovan visas en replik av hans maskin, som skulle få många efterföljare.

lingsfaser, den ena baserad på radiorör, den andra på de allra första integrerade kretsarna och går direkt in i dagens situation:

- tredje generationens datorer får oss att arbeta för dem på deras villkor;
- fjärde generationens system hjälper oss att arbeta för oss själva, i viss utsträckning på våra villkor;
- femte generationen borde alltså äntligen arbeta för oss, dvs i den utsträckning vi själva vill, ja, den borde faktiskt kunna göra jobbet åt oss och uträtta saker och ting efter enkla och snabba kommandon.

Det återstår ännu att se hur mycket av femte generationens datorer som verkligen blir tillräckligt intelligenta för att också i verkligheten utföra arbetsuppgifter åt oss på ett intelligent sätt. Vad vi kan vänta oss av kommande generationer sätter bara vår egen fantasi gränser för – tills vidare.

Kombinerad expertis

Lika väl som man kan sträva mot att försöka koppla ihop ett antal kunskapsbaser för att föra fram en stridsvagn, lika väl borde vi här i Sverige kunna konstruera sammankopplade expertsystem, där man tar till vara t ex varje invandrargrups nationella traditioner och kunskaper och kopplar samman dessa med de svenska motsvarigheterna. Så skulle vi äntligen dra nytta av den källa till förnyelse det svenska samhället har skaffat sig över en lång rad år och som vi är dåliga på att ta till vara.

Vi skulle också kunna bruka dessa system av kunskapsbaser till att förbättra de tvärvetenskapliga kontakterna och till att ställa kreativ expertis till varje lärares förfogande. Tack vare expertsystemen finns därtill möjlighet att *kombinera* många olika experters kunskaper.

Denna typ av kombination har t ex tillfört den kemiska

forskningen nya dimensioner av kreativitet. Av framtiden förväntar man sig, att den teoretiska kemin kommer att bestå av kombinationer av kunskaper om fundamentala kemiska reaktioner och fundamentala interaktioner, framsteg inom kemisk dynamik, matematisk fysik och datateknologi. Utifrån dessa kunskapsbaser kan man simulera kemiska system bestående av många konkurrerande och simultana reaktioner i en och samma process. Vid Caltech i Kalifornien använder man dessa metoder för att studera enzym-termolysi som ett exempel.

Med hjälp av liknande kombinatoriska system blir det möjligt för oss att förse våra medmänniskor i u-länderna med sådan kunskap som de inte får inom sina egna utbildningssystem. *Kunskap* snarare än tradition är på väg att bli basen för social och ekonomisk utveckling. Vi lever just i en brytningstid.

Världens kunskap finns för närvarande koncentrerad till de rikaste nationerna. Det är alltså brist på varan och den är endast tillgänglig för dem som kan betala skyhöga priser, vilket utesluter majoriteten av världens befolkning. Datamodeller skulle kunna förse den icke-industrialiserade världen med kunskapsindustrins tjänster genom att fungera som billiga "kopiatorer" av mänsklig intelligens och kunskap.

Man kan kalla den här processen för avkunskapisering, "de-skilling", vilket är ett begrepp sociologen och organisationsforskaren James March vid The Stanford Graduate School of Business forskar kring.

I och med informationssamhället blir det uppenbart hur väsentligt det är för varje individ att ha förmåga och vilja att dela med sig av sin nuvarande kunskap och kontinuerligt förnya den, lära nytt. Rom-klubben från 1970-talet är väl fortfarande det bäst kända exemplet på tänkande i denna riktning.

I samma anda arbetar det franska Centre Mondial pour l'Informatique i Paris, som utvecklar robust, tålig och billig hårdvara tillsammans med lättanvänd mjukvara för att bli förse sjukvårdare och barfotaläkare på avlägset lig-

gande platser och i läkarlösa byar med medicinsk expertis och lärare med effektiva pedagogiska verktyg. Sådana expertsystem kan göras intelligenta i den bemärkelsen att de blir självlärande — dvs ny kunskap som systemet får tillgång till genom svar på de frågor det ställer, integreras, inte bara så att det adderar ytterligare fakta till databasen, utan även analyserar och drar slutsatser av relationer mellan existerande och nya fakta samt metoder för att använda dessa nya relationer för att lösa problem.

Man kan också utveckla system, som kan samspela med fysiskt handikappade människor — döva kan få arbeta med maskiner som visar allt i klartext på snabba och "ögonanpassade" dataskärmar, synskadade kan agera med hjälp av talande system, rörelsehandikappade kan få system som drar nytta av den allra minsta spillra av rörelseförmåga.

Men sådana system finns ju redan, tänker någon. Jo visst. Det finns fantastiska *specialbyggda* system för flera olika handikapp, men problemet är, att de nästan i lika hög grad bidrar till att isolera den handikappade, eftersom dessa system bara i begränsad utsträckning kan kommunicera med och är anpassade till omvärlden. De låser individen vid systemen och är mycket lite flexibla. De är med andra ord ytterligare exempel på anti-kreativa system.

Och därmed är vi inne på något helt annat än den "nya" hårdvaran, nämligen på en diskussion som varje AI-intresserad person förr eller senare hamnar i. De intelligenta systemen aktualiserar i hög grad en lång rad *etiska* frågor. Vi tar upp en rad sådana i kommande kapitel.

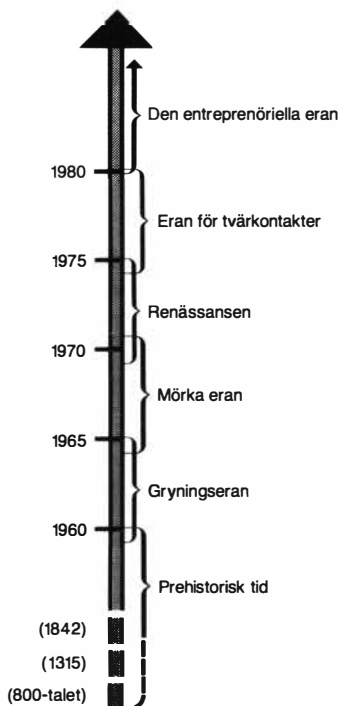
Det förtjänar att påpekas, att vi idag sannolikt är alldeles för koncentrerade på de stora expertsystem, som verkligen kräver specialmaskiner. Det finns trots allt oerhört mycket vi skulle kunna göra med de små systemen, med persondatorerna, om vi bara vore *kreativa* nog! Vi tror också att det är nödvändigt att undvika att skapa så komplexa system att användarna känner sig förkrossade av teknologin och förlorar sin självkänsla, vilket befäster de många blockeringar av olika karaktär som vi förskansar

vår kreativitet bakom. Just för närvarande upplever vi ju starkt att det inte är självklart, att datorisering är en välsignelse. Kanske är vi på väg att missa något?

Programvara

Mjukvaran, eller om någon hellre vill tala om *programvaran*, är den mest fascinerande delen av hela komplexet AI-system/expertsystem. Samtidigt är det näst intill omöjligt att separera mjuk- och hårdvara, eftersom den ena inte fungerar utan den andra, vilket läsaren också märkt av tidigare avsnitt i boken. Men här försöker vi ändå hålla fast vid denna konventionella indelning av den enkla anledningen att vi vill visa att den framtida AI-utvecklingen är beroende av utvecklingen inom så många olika områden.

Under AIs första skälvande år — dvs ett kvarts sekel tillbaka i tiden — rörde det sig huvudsakligen om komplicerade programvaror baserade på traditionella dataspråk. Men då LISP (Programming Language for Symbolic Processing, dvs ett program som kan hantera symboler) uppfanns av amerikanen John McCarthy en bit in på 60-talet, blev det fart på symbolisk programmering. LISP har abstrakt matematik som utgångspunkt, på samma sätt som FORTRAN är en vidareutveckling av numerisk analys. (FORTRAN är det mest använda programspråket för tekniskt-vetenskapliga beräkningar och existerar i dag i en lång rad olika versioner. Man räknar med att FORTRAN skall leva vidare en lång tid in i nästa sekel, dock hela tiden i nya, snabbare och effektivare versioner. De nya superdatorerna är byggda för FORTRAN.) LISP var ett tag ensamt som programspråk för AI-ändamål. Men så småningom dök PROLOG upp vid universitetet i Marseille 1972. PROLOG (= Programming in Logic) är ett s k deklarativt språk, som innebär, att man matar in alla de fakta man har tillgängliga om det problem man vill att maskinen skall lösa. Hur datorn sedan bär sig åt för att lösa problemet bryr sig användaren helt enkelt inte om. De koderna finns inne i maskinen.



Den artificiella intelligensens historia är kort i praktiken, eftersom den var en omöjlighet före den elektroniska eran, dvs före transistorns födelse 1948 och mikroprocessorns tillkomst 1968. Artificiell intelligens som idé, tanken på att skapa ett verktyg som kan förstärka vårt intellekt på samma sätt som hävstänger förstärker vår fysiska styrka, kan spåras åtminstone tillbaka till 800-talets arabiska matematiker.

Ytterligare en intressant utveckling är den s k induktiva metoden att bygga expertsystem, som den engelske vetenskapsmannen, professorn och chefen för Turing-institutet i

Edinburgh, Donald Michie, har lanserat. I stället för att bygga expertsystem som redan från början innehåller alla regler har han med sitt ExpertEase kommit fram till en metod som utifrån exemplen skapar de regler som gäller för hur den mänskliga experten drar sina olika slutsatser.

För närvarande pågår bland AI-folket en bisarr strid om vilket språk som är mest kraftfullt. Svaret – ett simplistiskt sådant – torde vara, att LISP passar bättre för vissa typer av uppgifter, medan PROLOG ägnar sig bättre åt andra.

Den här "språkstriden" är tämligen ointressant i ett längre perspektiv. Nya s k naturliga språk, som t ex INTELLECT, är på väg att lämna sin kuvöser i universitetens laboratorier. Gamla, som SIMULA, kan återupplivas och vidareutvecklas.

Här är det värt att påpeka, att då vi i dag talar om naturliga språk för expertsystem, så menar vi inte riktigt den svenska du och jag använder för att kommunicera med varandra, utan man avser det språk en specialist på ett område använder för att tala med en annan specialist på samma område med. En kemist har utvecklat ett språk som är baserat på kemistens vanliga formelspråk – något som i hög grad förenklar för kemisten att utnyttja datorer.

Helt naturliga språk, som är i det närmaste identiska med det generella talspråket ligger något längre fram i tiden. Men – ett par forskare vid Carnegie Mellon anser, att de i en mycket nära framtid skall kunna presentera ett helt nytt naturligt språk, som innebär att användaren talar till sitt expertsystem på "vanlig" engelska – och i sinom tid svenska, franska, japanska eller vad det nu kan vara. En japansk grupp forskare anser sig kunna uppfylla liknande förväntningar. De baserar sitt system, påstår de, på en nedbrytning av språkets satser i ett antal elementära logiska satser.

Begreppet "talar" till datorn kan mycket väl betyda just *talar* i ordets vanliga bemärkelse. Röst- och taligenkänningsystemen börjar också göra stora framsteg efter många och mödosamma år i laboratorierna. Den nuvaran-

de versionen av OVE i professor Fants tallaboratorium på KTH i Stockholm talar t ex mycket renare och förstår mycket mer än sin äldste storebror. Somliga anser, att det handlar om två eller tre år till dess att vi slutligen kan lämna de klumpiga och otympliga tangentborden för att kommunicera med våra datorer direkt genom att tala till våra system!

Talar bättre än "i går" gör också det amerikanska företaget Kurzweils läsande system för synskadade. Den tid det i dag tar att lära sig "förstå" läsapparatusens "dialekt" är avsevärt kortare än för bara några år sedan. Och i Fujitsus paviljong på världsutställningen Tsukuba Expo 85 visades ett datorsystem, som klarade av översättning från japanska till fyra andra språk simultant. Vilka perspektiv öppnas inte!

Framtidens språk och program för optiska och kanske biologiska datorer kommer att vara utvecklingar och synteser av dagens datorer, kombinerade med nya inslag. Kanske kommer färger och former att bli betydelsebärande i högre utsträckning än nu? Kanske ljussignalers längd som i nuvarande fyr- och signalsystem?

Kanske hittar vi äntligen universalspråket, semantiska, fonetiska och syntaktiska grundstrukturer, som visar sig vara identiska för vartenda ett av världens drygt 2 100 olika språk? Också här, på språkförståelsens område, öppnar sig intressanta perspektiv. Den speciella programutveckling, som är på gång för de parallella datorsystemen, kommer givetvis också att vara mycket avgörande för framtidens datorspråk. Men det blir sannolikt nästan undantagslöst specialisterna, som kommer att hålla på med denna mjukvara. Därför lämnar vi denna viktiga utveckling genom att konstatera, att hitintills är programspråket OCCAM, utvecklat i England, det bäst kända exemplet på sådan mjukvara.

Dagens expertsystem

I skrivande stund står drygt 300 olika expertsystem till användarnas förfogande på den kommersiella marknaden. Det finns alla typer av expertsystem, från "The Original

Boston Computer Diet” till DELTA (= Diesel Electronic Locomotive Troubleshooting Aid) och Xsite för optimal layout av golvyta vid stora datainstallationer. Vårt eget Ericsson använder och säljer expertsystem för felsökning på telekomnät.

Ytterligare exempel på intressanta och nyttiga(?) expertsystem är:

- KEE, som egentligen är ett verktyg för att utveckla kunskapsbaserade system snarare än ett expertsystem. Det används för att bygga expertsystem. KEE står för Knowledge Engineering Environment och används t ex för att konstruera expertsystem för att hantera katastrofsituationer i kärnkraftverk, för att analysera hur en speciell bakterie påverkar DNA positivt/negativt, och för att generera biologiska reaktorer;
- CORP heter ett annat system, som också det har KEE som bas. Det används för strategisk styrning av teknik i stora företag;
- CADA heter en serie system som utvecklats vid University of Utah för att fungera som stöd för olika typer av beslutsfattande. CADA står för Computer Aided Decision Analysis system och innehåller en mängd intressanta tankar. Basen för systemet är antagandet, att vi lever i en värld av så stora kriser, att vi inte längre förmår lösa dem på traditionell väg, därför att den mänskliga förmågan att jämföra och relatera data till varandra är mycket begränsad. Det leder till, att de bästa beslut vi överhuvudtaget kan komma upp med inte radikalt löser några problem utan snarare fattas därför att de enskilda beslutsfattarna inte vill ta risker. Av den anledningen baseras nya beslut på vad man gjort tidigare och avviker endast i mycket liten utsträckning från det som är gammalt och beprövat, även om det inte är särskilt logiskt och man är medveten om, att de nya besluten inte leder till bästa möjliga problemlösning.

Med hjälp av CADA, som kommunicerar med sin

användare på högst vanlig engelska, kan politiska beslutsfattare och samhällsplanerare få ett bättre beslutsunderlag på en lång rad områden. I dag finns bl a följande CADA-versioner i bruk:

- *Crimesim* för simulering av vilka effekter man kan förvänta sig av olika domar för brottslingar, vilken typ av brottslighet som kommer att utvecklas statistiskt etc;
- *Drugsim* heter ett system för simulering av effekterna av olika åtgärder för att bota missbrukare av droger;
- *Delinquency* används för att simulera ungdomsbrottslighet och dess konsekvenser;
- Samhällelig resursplanering – vilka skolor, sjukhus, transporter, servicecentra, fängelser etc behövs på kort och lång sikt?
- Simuleringar av var man kan vänta sig vilken typ av upplopp, t ex i de brittiska storstäderna, Latinamerikas slum, Stor-Mexico, Sydafrika, och andra av världens oroshärdar.

CADA kan sägas vara ett mellanting mellan traditionella beslutsstödsystem och expertsystem. Till skillnad från beslutsstödsystemen drar det slutsatser av olika beslut och visar på alla alternativa möjligheter. Varför har då datorbaserade beslutssystem inte använts utanför affärsvärlden, av politiker, i någon större utsträckning? Svaret ligger sannolikt i tillgången på hård- och mjukvara och kostnaderna:

- hitintills har de system som krävts varit mycket stora och dyrbara;
- alla system var programmerade för specifika tillämpningar och blev just därför mycket snabbt föråldrade eftersom beslutsfattande ju i så hög utsträckning kräver flexibilitet och tillgång till "färsk" information;
- tillgängliga system har varit för dyra för den typ av organisationer som skulle behöva dem – Röda korset, SIDA, SAREC etc. Nu kommer vi inom en mycket nära framtid att ha system – vissa anser att vi redan har

dem – så billiga och så effektiva, att varje riksdagsman och lokalpolitiker i teorin skulle kunna dra nytta av expertsystemens simuleringsförmåga innan han/hon är med om att fatta beslut och på så sätt få tillfälle att direkt kontrollera konsekvenserna av sitt beslut – före beslutet;

- den olösta ansvarsfrågan. Om någon gör ett misstag, vem bär då ansvaret – konstruktören av expertsystemet eller användaren, t ex läkaren?
- IDM, Integrated Diagnostic Module, är exempel på det allra senaste på området expertsystem och förebådar framtidens system. Det använder sig av två lager av kunskap, ett innehållande grund, experimentell kunskap och ett innehållande djup, funktionell kunskap. Resultatet är två expertsystem, som integreras och styrs av en speciell modul. IDM fungerar som ett generellt verktyg för problemlösning och kommer att få sina huvudtillämpningar inom mekanisk-elektronisk diagnos och reparation, medicin, avlusning av datorprogram och analys av oljeplattformar.

Samtliga de expertsystem vi beskrivit har det gemensamt, att de befriar fåtaliga, högskoleutbildade experter från triviala arbetsuppgifter, så att de kan ägna sig åt det människan är speciellt bra på – kreativitet.

Slutsatser

I ovanstående definitioner finns inbyggda paradoxer:

- Små datorer är ännu för små men kan ändå användas konstruktivt för begränsade expertsystem.
- Språken är ännu långt ifrån de språk var och en använder till vardags men börjar i alla fall att närma sig dessa, åtminstone experternas!
- Kreativiteten finns hela tiden med i bilden, men hitintills alltid implicit – genom att använda expertsystem

får vi mera tid över att vara kreativa, men systemen i sig saknar kreativitet.

Därför behöver vi just nu stora doser av kreativitet dels för att lära oss använda alla de burkar vi köpt på oss, dels för att komma underfund med vad vi verkligen vill använda dem till.

Explicit kreativa expertsystem, som kan fungera som kreativitetsfrämjande verktyg, tycks helt och hållet saknas, trots att expertsystemen erbjuder många möjligheter till samarbete över vetenskapliga disciplinräns. Ytterst få har dragit nytta av tekniken, som vid det här laget börjar bli ganska mogen.

Expertsystem befriar människor från en rad arbetsuppgifter, som är relaterade till att "umgås" med själva systemet, samtidigt som de kan fungera som förstärkare av existerande system till en sådan grad, att individen blir helt låst vid mycket rigida system.

Med hjälp av expertsystem får vi tillgång till en mångfald så stor, att vi sannolikt behöver ytterligare expertsystem för att värja oss gentemot just mångfalden. Om jag nu är kemiforskare och vill veta vad som händer, om jag lägger till ytterligare en atom i ett kemiskt ämnes kärna, då behöver jag förstå vilka föreningar som är både *nya och möjliga* som uppstår. Däremot har jag inte behov av alla de förmodligen miljontals nya föreningar som är omöjliga av olika skäl – instabila, felaktiga osv.

Även mångfald kan alltså bli en börda. Just detta är bakgrunden till att sociologerna vid universitetet i Utah har skapat CADA, Computer Aided Decision Analysis system, som vi beskrivit ovan. CADA hjälper var och en att fatta vad de kallar rationella beslut i livets alla vardagliga skiften, från val av utbildning till sexvanor!

Men arbetet med att ta fram AI-baserade expertsystem har också lett till att en lång rad nya frågor har kommit fram i dagsljuset. Så har vår brist på kunskap på många övergripande områden uppenbarats och blivit direkt påtaglig. Givetvis har dessa frågor olika relevans för olika

personer, beroende på den aktuella situation han eller hon befinner sig i. Här är några områden där vi, mänskligheten, inte fattat några beslut, men där vi snart måste agera:

- Skall datorer verkligen tänka på samma sätt som människor? Omvänt – skall människor verkligen tänka på samma sätt som datorer?
- Är datorer intelligenta? På vilket sätt?
- I vilken utsträckning kan expertsystem verkligen befria? Och omvänt, i vilken utsträckning binder de?
- Vilken typ av kunskap behövs? Vilken behövs *inte*?
- Vem skall vara ansvarig för just de definitioner som matas in i varje system?

(Weizenbaums första ELIZA är exempel på hur snabbt en användare anpassar sig till ett "intelligent" system och glömmer bort, att också programmeraren är mänsklig!)

- Vilken typ av expertkunskap är det vettigt att "datorisera" och vilken är mest lämpad att finnas i sin "människliga" form?
- Vad finns i gränslandet mellan kreativt beteende och icke-kreativt? Mellan intelligent och icke-intelligent handlande?
- Varför fruktar så stora delar av vår mänsklighet datorerna? Vad är det vi är rädda för att få veta om oss själva?

(Allen Newell påpekar att rädslan för ny kunskap går långt tillbaka i tiden. I dag varnar ju många för att räknedatorer försvagar människans intellektuella förmåga, och framför allt hennes förmåga att lösa matematiska problem. Sokrates på sin tid var inne på liknande tankegångar, då han höjde varningens ord gentemot den nymodiga skrivkonsten, som ofelbart skulle leda till att människans förmåga att minnas förtvinade och sätta stopp för inläring genom lärda dialoger.)

- Är vi på väg mot nya diskussioner kring "kunskapens frukt" och människans syndafall i rent biblisk bemärkelse?

- Överskattar vi värdet av den fysiska, tekniska kunskapen på bekostnad av vår intellektuella, kreativa och emotionella kunskap och kapacitet?
- I vilken utsträckning kan dagens typer av expertsystem – och de framtida – tjäna som hjälp till självkännedom och förståelse av det egna jaget? Och av våra medmänniskor?
- Hur kan avancerade datasystem missbrukas?

KUNSKAP – EXPERTSYSTEMENS KÄRNA

"En lärd utan visdom är som en åsna fullastad med böcker"

Japanskt ordspråk

Kunskap är varje expertsystems kärna. Utan kunskap är inget system "intelligent". Detta låter som självklarheter, men ändå handlar diskussionen om expertsystem oftare om relativt sett detaljerade frågor relaterade till hur program skall byggas upp och vilken arkitektur hårdvaran bör ha än om själva innehållet. Sannolikt beror denna tämligen tråkiga detaljkoncentration på att begreppet "kunskap" är ett av mänsklighetens stora filosofiska problemområden, som har diskuterats och ventilerats av våra skarpare hjärnor sedan Aristoteles dagar utan att man kommit fram till allmängiltiga och allmänt accepterade definitioner.

Med övergången från industrisamhället till informationssamhället har kunskap blivit basen för utveckling, därför att informationssamhället för första gången i historien skiljer arbete och information (kunskap) åt. Dvs: den som genomför det fysiska arbetet behöver i princip inte veta ett enda dugg om vad det är som skall genomföras.

Risken för utarmning finns där – men samtidigt erbjuds varje individ fler möjligheter än någonsin tidigare till utveckling och förnyelse. Även om vi som individer saknar den fysiska förmågan eller kunskapen att i praktiken genomföra något, kan vi tack vare den tekniska utvecklingen nu både enklare och billigare än tidigare förmedla vår kun-

skap och information till den som de facto kan tillverka något fysiskt men kanske inte kan tänka ut hur det skall gå till. Det är den ena sidan.

Den andra är att många av morgondagens produkter kanske inte alls behöver förverkligas på samma sätt som i dag. Vårt överlastade prylsamhälle blir kanske äntligen lite enklare att leva i såtillvida som vår nuvarande prylmani ersätts av en intellektuell motsvarighet, dvs vi utbyter och "tillverkar" tankeprodukter, alla de där idéerna vi har men som det aldrig blir något av – dessa kan vi kanske dra nytta av, utveckla, göra produktiva genom att dela med oss av? Tanken är onekligen fascinerande. Vi börjar kanske äntligen få effektiva verktyg till förfogande, visserligen än så länge komplicerade sådana, för att ta tillvara och stimulera individernas vardagskreativitet och på så sätt äntligen öka graden av livskvalitet. Detta skulle kunna bli en revolution, inte minst för kvinnorna. Alltför ofta ställs man fortfarande inför frågan: var finns de framgångsrika kvinnliga uppfinnarna? De enda man kommer på är grevinnan Lovelace, som arbetade med Babbage på analysmaskinen, Marie Curie och Frau Melitta. Grevinnan har fått programmeringsspråket ADA uppkallat efter sig. Madame Curies Nobelpris är välkänt, och Frau Melittas kaffefilter har blivit en världsomspännande industri. Men var finns alla de andra? Eller är det kanske så att kvinnors kreativitet får tillräckligt utlopp i nya stickmönster och piffiga maträtter? Och:

- vad kommer informationssamhället att innebära för individernas kreativitet i allmänhet och för kvinnors kreativitet i synnerhet?
- hur kommer kvinnorna att utnyttja de kraftfulla verktyg som står till buds?

Många varnar för utvecklingen mot fler tekniska apparater. Så har en psykolog i Göteborg funnit, att läs- och skrivförmågan hos 11-åringar varit på stadigt nedåtgående sedan tio år tillbaka. Barnen tittade på bilder, helst rörliga

sådana på tv och video, i stället för att läsa. De blir *passiva konsument*er av information i stället för *aktiva producenter*.

Dock: i en skola i Kalifornien har man funnit att datorn lär barnen bäst om den först använder datorer för att *lära* barnen läsa. Och i ett afrikanskt land försökte man ge snabbutbildning och yrkeskunskap via video och television, s k visuell alfabetism, visual literacy. Kontrollgruppen, som lärde sig läsa först, yrkeskunskap sedan, kom fortare till målet – till lärarens förvåning!

I informationssamhället betraktas varje industri som ett komplex av informationsflöden. Det vi bl a har att ta ställning till nu är hur information och data skall *organiseras* på effektivast möjliga sätt, hur olika expertdatabaser kan *kombineras*, *kunskapsspridning* kan ske, hur *inläring* bäst sker, hur vi tillägnar oss *ny kunskap* och hur vi utnyttjar den! Men vi lämnar mätning av informationens kvalitet och –ekonomi därhän tills vidare.

I sin bok "Machines who think" skriver Pamela McCorduck följande: "Utifrån vad vi vet i dag tycks det som om varje människa är ett veritabelt uppslagsverk av specialiserad information, information som var och en samlar på sig på många olika sätt och lagrar i sitt system med hitintills oöverträffad ekonomi och lättillgänglighet."

Vi är i själva verket ett slags levande databaser, vissa av oss med mycket specialiserad kunskap som gör vederbörande till tvåbenta, levande expertsystem. Vi kan alltså se på oss själva som "informationshanterare". Analogin är inte helt ovanlig. Men innan vi behandlar, lagrar och återanvänder vår information, måste vi *lära*. Denna grundsyn på människan utgör basen för AI-forskarnas önskan att skapa "mänskliga" datorer. En mycket viktig del av detta med kunskap är alltså inläringen. Därför kommer vi här att ägna oss åt detta område i relation till kunskap, datorer och expertsystem.

Utifrån de båda faktorerna, samlad och kombinerad kunskap och förmåga till inläring, arbetar dagens AI-forskare. Några koncentrerar sig på den samlade kunskapen och hur man kan använda den intelligent, andra söker

och prövar nya kunskapskombinationer, medan ytterligare andra arbetar med inlärnings problemställningar.

Vi har här utnyttjat begreppen "information" och "kunskap" synonymt. I andra språk finns det andra hierarkier – "connaître" och "savoir" på franska, "kennen" och "wissen" på tyska etc. Detta har bland andra den amerikanske ekonomen och kunskapsforskaren Fritz Machlup diskuterat i detalj. Låt oss bara grovt konstatera, att information hitintills endast låter sig mätas som "signaler" eller "bitar", dvs i små och exakta enheter som har sitt ursprung i teletekniken. Detta sätt att mäta är motsatsen till den entropi eller oordning som vi oftast står inför då vi skall beskriva information.

Det vi upplever är ofta enstaka, orelaterade "informationssjok", nyheter som vi inte sätter i relation till något annat: uppfattar men egentligen inte förstår. Alvin Toffler, amerikanen, som bl a skrivit "Tredje vågen", kallar det för "blippar", den svenske professorn Lars Ingelstam talar om "snuttar" och "snuttifiering". Kunskap innebär däremot en referensram, ett sammanhang, en förståelse.

Tre typer av kunskap

Tidigare har vi ställt oss frågan – vi liksom alla andra som ägnar sig åt någon form av artificiell intelligens – om vilken kunskap som överhuvudtaget behövs. Svaret på den frågan hänger givetvis samman med vad man vill använda sin kunskap till. Just nu begränsar vi oss till expertsystem, och då handlar det primärt om tre olika typer av kunskap:

1. enkla fakta – data – som hänför sig till det ämne expertsystemet berör;
2. kunskap rörande relationerna mellan dessa fakta;
3. kunskap om metoder för att använda dessa relationer då det gäller att lösa problem.

Kring var och en av dessa kunskapstyper finns en lång rad problem vad gäller datoriseringen av dem. Typ 1 som

handlar om s k enkla fakta – eller data – relaterade till ett aktuellt problemområde, säg oljeletning, för med sig en lång rad frågor om källor, metoder och urval.

Exempel är: Vem är experten? Hur bär vi oss åt för att samla in fakta? Hur får vi fram den väsentliga kunskapen från experter? Och – vilken är den väsentliga kunskapen? Det handlar ju inte bara om att veta hur oljeförekomst påverkar vegetation, i vilka klimatzoner och i vilka geologiska avlagringar man hitintills funnit olja osv, utan även om hur en erfaren expert tolkar de fakta han/hon får fram genom att iaktta dessa och alla andra fenomen.

Vilken roll spelar intuition? Vidare, hur sorterar man bort alla triviala detaljdata från de viktiga? Hur värderar man?

Och – när man slutligen har fått fram dessa fakta, hur översätter man dem till datorernas formella och rigida språk?

När man väl kommit förbi ovanstående frågeställningar är det dags att börja om från början på samma sätt med relationerna mellan de fakta/data, som vi fått från experterna. Ta t ex frågan kring hur ett faktum påverkar alla andra fakta. Och vad händer, om vi negerar eller vänder på ordningsföljden? Hur förhåller sig våra fakta till den omvärld de förväntas fungera i? Våra tidigare exempel från kemins värld belyser detta.

Kunskapsingenjörerna

Hitintills har de s k kunskapsingenjörerna arbetat med att lösa de komplexa och dubbelbottnade problem som de tre kunskapstyperna representerar. Det är inte enbart intressant att konstatera, utan även avgörande, att det är just ingenjörerna, teknikerna, som har gett sig i kast med kanske det svåraste en forskare i dag kan syssla med – att datoranpassa intuitivt mänskligt vetande. En fördel är att de lärt sig en del under processen, en nackdel är att kunskapsingenjörerna är just ingenjörer, de flesta med exami-

na i elektronik, systemutveckling eller någon annan form av datalogi. Mänsklig kunskap, sådan man vill åt den för expertsystemens räkning, är endast till en liten del av logisk karaktär, sådan att den passar in i formlernas värld. Därför har många av dagens kunskapsingenjörer tagit konsekvenserna av detta – liksom Danny Hillis samarbetar med neurologer, så samarbetar de flesta kunskapsingenjörer numera med representanter för en rad olika discipliner som har med kunskap, inlärning och kunskapsbehandling att göra.

Men exakt vad är då en kunskapsingenjör? En av de främsta är amerikanen Edward Feigenbaum. Han är kunskapsingenjörskonstens upphovsman, professor och chef för AI-laboratoriet vid Stanford University. Han är också mannen bakom KEE, programvaran som kallas Knowledge Engineering Environment. KEE är ett expertsystem för att utveckla andra expertsystem med, dvs ett verktyg för kunskapsingenjören.

Feigenbaum förklarar genom att sätta in kunskapsingenjörskonsten i ett totalt perspektiv på följande sätt:

- kunskapsingenjörens huvudsakliga arbetsuppgifter är att gräva fram, forma, samla ihop och förfina expertens kunskap;
- framtidens makt ligger i kunskap, i att förvärva den och i att göra den nyttig;
- kunskap medför också kännedom om de programmeringsverktyg, som är tillgängliga och som radikalt kan dra ner kostnader och tidsåtgång för utveckling;
- dataspecialister och företagsledare (!) måste arbeta ihop på att lära sig tygla denna nya teknik (expertsystem), trots att de måste ge sig in på helt nya områden;
- expertsystem är det område inom datatillämpningarna som har den absolut största tillväxtpotentialen.

Feigenbaum säger själv, att "Knowledge engineering is the management of uncertainty", styrning av det okända. Det mest intressanta med Feigenbaums synsätt är just att

han bortser från behovet av andra typer av specialister vad avser kunskapsingenjörens arbetsuppgifter. Själva är vi övertygade om, att den Stanford-grupp, som koncentrerar sig på ett interdisciplinärt samarbete om en modell för naturligt språk, har bättre förutsättningar att nå goda, användbara och kreativa resultat — om man inte fastnar i helt akademiska tvister om påvens skägg! — än en enstaka om än aldrig så skicklig kunskapsingenjör i kombination med affärsmän av traditionellt slag.

För ungefär två år sedan fick man fart på denna intressanta tvärvetenskapliga institution för forskning kring naturliga språk. Bl a matematiker, lingvister, dataspecialister, sociologer, psykologer och filosofer deltar i institutionens arbete, som kortfattat går ut på att få fram ett naturligt språk för datorer. The Carnegie Group, ett avknoppningsföretag från Carnegie Mellon-universitetet, håller på med liknande projekt, liksom AI-institutionen vid Edinburgh University, som blivit Europas främsta på AI-området. Vid dessa institutioner börjar man även forska på sambanden mellan olika typer av kunskaper och kunskapsbaser.

Den tredje kategorin kunskap som behövs för att arbeta med expertsystem är också den, där kreativiteten tydligast kommer in i bilden. Här handlar det om att både förstå relationer, tolka och analysera dem samt ha kunskap om vilka metoder man kan använda för att lösa de problem man står inför.

Metoder

Vi påpekade tidigare, att det vi människor kallar ”intellektuella” handlingar, som t ex att bevisa teorem, utföra komplicerade matematiska beräkningar, spela komplexa spel som schack och khala, i stort sett det vi själva anser vara våra särskiljande mänskliga drag, har varit relativt lätta att få maskiner att utföra. De självklara handlingarna däremot — att se, höra, förstå, gå, gripa, sådant vi inte ens

behöver tänka på – har visat sig näst intill omöjligt att få maskiner att utföra.

Om någon i sin tidiga barndom, liksom en av författarna, hade som favoritsysselsättning, då det var dags att sova, att försöka förklara för sig själv i ord exakt hur man bar sig åt för att ta av sig strumporna, så förstår ni vad vi menar. Ambitionerna var mycket höga – varenda liten, liten rörelse måste beskrivas in i minsta detalj från början till slut. I fantasin fanns en utomjordisk besökare bredvid sängen som inte alls hade samma sätt att uppföra sig som vi, och som ville ha mycket detaljerad information om varför vi bar oss åt på ett visst sätt.

Den som inte har gjort det här experimentet redan borde försöka. Författaren kom själv aldrig mycket längre än att få upp händerna till strumpebanden. Vid det laget hade den säkerligen mycket tråkiga "först – sedan"-berättelsen hållit på så länge, att hon hade talat sig själv till sömns. Den stackars utomjordingen måste ha tyckt att jordelivet tedde sig mycket torftigt, trivialt och tråkigt. . .

Efter ett sådant experiment inser man snabbt vilken triumf de japanska forskarna måtte ha känt, då de på världsutställningen Tsukuba Expo 85 faktiskt visade upp en fyrbent robot, som kan gå i trappor och förflytta sig långa sträckor i ojäm, okänd terräng. Tack vare sensorer kring varje "fot" samlar roboten in tillräcklig information om den mikro-omgivning, där han tänker placera sin fot, för att sedan avgöra om han får fäste eller inte på just den utvalda fläcken. De mängder av fakta i tre dimensioner han måste behandla, innan han kan agera, gör hans gång mycket gravitetisk.

Japanernas gående robot är exempel på en gryende tillämpad artificiell intelligens. Den lär inträffa, enligt amerikanen Douglas R. Hofstadter, då ett datorsystem inte längre är helt och hållet transparent för sin användare. Dvs användaren förstår inte direkt, och får inte heller veta, hur systemet bär sig åt för att lösa problemen. Men här handlar det också om kreativitet. Datorn fattar varje gång beslut om hur den skall tolka sina fakta om omvärlden.

Att gå är väl inte så kreativt invänder någon. Sant. Men då en sådan här robot väl lärt sig tolka sin omgivning, kommer den så småningom även att fatta beslut om vilket sätt som är det bästa för att förflytta sig till det önskade målet överhuvudtaget. Och då har vi en kreativ robot, särskilt om den därtill har förmågan att lära sig och att dra slutsatser av de nya data den samlar upp. Den engelske forskaren Don Michies typ av expertsystem kommer sannolikt att föra detta framåt.

Om det verkligen är möjligt att konstruera datorer som lär på ett människoliknande sätt, t ex genom analogier, är oklart. Patrick H. Winston, chef för MITs mäktiga AI-institution, tillhör de övertygade. Hitintills har han kommit så långt, att hans dator vet att en resväska har ett innehåll och lätt kan bäras därför att den har ett handtag. Då hans dator får "höra talas om" t ex koppar av olika slag – kaffekoppar, tekoppar, muggar, etc – "vet" datorn, att de funktionellt liknar resväskor, men är annorlunda till storlek, material, innehåll osv.

Expertsystem modell 1990

Innan vi går vidare med inläringens speciella problem, låt oss påminna om kunskapens tillstånd och komplicera bilden ytterligare. Filosoferna Wittgenstein och Heidegger konstaterade redan tidigt i vårt sekel, att existerande modeller av kunskap är otillräckliga. Än så länge har man inte gjort så stora framsteg på det området – de underliggande processerna i det mänskliga vetandet är fortfarande inte bara svåra utan omöjliga att formulera. Om man ständigt lyckas komma ihåg detta då man arbetar med artificiell intelligens, då har man klart för sig hur primitiva de system man idag arbetar med egentligen är, och hur oändligt långt det är kvar innan det finns sant intelligenta system.

Det verkar som om detta inte kan upprepas ofta nog, speciellt inte då man konfronteras med överoptimistiska

marknadsanalyser av kommersiella AI-system. Så förväntar sig t ex Frost & Sullivan, att marknaden för expertsystem enbart i Europa kommer att vara värd 3,8 miljarder USA-dollar 1990! Det är inte utan anledning att man frågar sig *vad* det är man egentligen köper för dessa 3,8 miljarder...

Men ändå finns det redan i dag tecken på att vissa expertsystem skulle kunna fungera i det sammanhang vi är mest intresserade av, nämligen som verktyg för kreativitet. Vissa av dessa finns redan. Några exempel:

CAD – Computer Aided Design, dvs system för datorstödd konstruktion, håller på att bli varje professionell konstruktörs verktyg. Även de sk kreativa yrkesutövarna har insett hur värdefullt ett CAD-system kan vara. Så har serietecknare börjat ersätta pensel och tusch med datorer, typ Apples Macintosh – det första seriemagasinet producerat med denna teknik har redan kommit. Reklamtecknare har börjat ta efter, liksom informatörer, som framställer bildmaterial för presentationer och broschyrer. Att även en rad konstnärer experimenterar med denna "elektroniska" palett är väl känt.

Här är det på sin plats att citera Stig Johanssons rapport från den fyrtioandra Venedig-biennalen i Svenska Dagbladet 1986-07-27. Biennalens tema var "Konst och vetenskap". Stig Johansson skriver:

"Men tydligt är ändå att den elektroniska bilden mer och mer kommer att utvecklas som computer-art. Datorer förmedlar nya, otroliga bildsystem, där också vi själva genom våra hemdatorer kan vara med och programmera fram bild – vilket ställer konstnärsrollen i ett nytt perspektiv. Men självklart måste samma kvalitetskrav ställas på elektronisk konst som på den mer traditionella, och den individuella friheten blir kanske en viktigare fråga än någonsin."

Den konstnärliga kreativiteten i den artificiella intelligensens era kräver en bok för sig själv!

Utifrån ovanstående är det inte svårt att sätta fantasin i



Filmproducenten George Lucas har köpt en av världens största datorer, för att låta datorer göra alldeles verklighetsliknande filmbilder. Den petade Apple-grundaren Steven Jobs har köpt systemet och skall sälja det även utanför filmens värld.

rörelse och hitta tusen och ett sätt att använda CAD. Det kinesiska ordspråket, att en enda bild säger mer än tusen ord, är nog så sant. Men hur många av oss är inte alltför "blyga" för att våga rita? Man känner sig fumlig med papper och penna. Denna fumlighetskänsla kan man helt glömma bort, om datorn gör det mekaniska jobbet, dvs för pennan, som i det här fallet ritar elektroniska linjer, punkter, kurvor etc på en skärm. På en skärm är det lätt att ändra, och man inte behöver ta ut någonting på papper förrän man själv är helt nöjd med sin skapelse.

Men även denna medalj har en baksida — det finns de som befارar, att de CAD-brukande konstruktörerna kommer att vara så pressade tidsmässigt, att de helt koncentrerar sig på att använda sitt nya verktyg till att rita "tråkigt" och "detaljerat" konventionellt och inte alls bryr sig om att komma på och pröva nya, fantastiska idéer, något som kan kräva ett omfattande programmeringsarbete. Samtidigt vet vi, att *lagom* stress stimulerar till kreativitet. . .

Det exakta användningssättet av CAD-system blir sannolikt högst individuellt, ty det förhåller sig ju så med datorer, att de aldrig används så som konstruktörerna har föreställt sig. Användarna kreerar hela tiden nytt . . .

Övriga CA (datorstödda) funktioner, CAM, CAI, CAT, CASS, CAPI osv faller under samma kategori. (De står för respektive Computer-Aided Manufacturing = datorstödd tillverkning, Computer Aided Instruction = datorstödd undervisning, Computer Aided Testing = datorstödd provning, Computer Aided Subcomponent Supply = datorstödda underleveranser, Computer Aided Presentation of Information = datorstödd informationspresentation.) Ännu står vi bara i början av alla dessa specialutvecklade system, men det är inte svårt att se, att vart och ett av dessa kommer att bli mycket kraftfulla verktyg för alla sina användare på respektive områden. Då de kan integreras har vi verkligen närmat oss framtiden. De utgör förvisso de för närvarande bästa exemplen på datorernas förmåga att avlasta människan mödosamma "framställningsprocesser", så att hon verkligen kan ägna sig åt det hon är bra på, nämligen kreativ problemlösning.

Ett specialfall, men det industriellt kanske mest använda, är datorstödd konstruktion av elektroniska kretsar i kisel o dyl. Låt oss se hur det kan fungera. *Användaren* av kretsen blir konstruktör. Han eller hon har till sitt förfogande ett bibliotek av "grundkomponenter" som kan ingå i kretsen, inte bara transistorer utan hela funktionella byggstenar. Dessa sätter han/hon ihop till en krets, som sedan testas, simuleras, i datorn. Nu överförs konstruktionen till den som kan göra de tillverkningsmasker (ett slags foton eller optiska verktyg), som behövs för den fysiska tillverkningen av kretsen. Dessa sänds vidare till fabrikören, "kiselgjutaren". Därifrån kan kretsarna gå till ytterligare ett oberoende företag, som skär upp kiselskivan, mäter och monterar. Nu visar resultatet eventuellt lite andra värden än dem man tänkte sig. Dessa matas tillbaka till cellbiblioteket och konstruktionsreglerna som integrerar

den nya kunskapen med den existerande. Vi har ett system som lär sig. Vi ser här hur CAD skapat ett nytt, mer flexibelt och kreativt industriellt system, hur man kan prova utan att investera i att bygga, vilket är dyrt, och hur systemet faktiskt är självlärande. Utan CAD och CAD-styrd provning hade användarens kretskort blivit klart först efter år 2100 med hjälp av manuella metoder.

Specialiserade expertsystem för att komponera elektronisk musik, producera filmer, söka information, politisk planering, beslutsstöd (kom ihåg CADA!), informationsorganisation, informationsekonomi... vi kan fortsätta den här uppräknningen i det oändliga. I dag finns en rad embryon till vad som kan komma att bli ytterligare kraftfulla verktyg för kreativ problemlösning på alla möjliga tänkbara områden.

Och det är detta slags expertsystem som nu används för oljeletning och geologisk verksamhet, för medicinska och kemiska analyser, för simulering, för svetsning, tillskärning av textilier, konstruktion av hårdmetallverktyg, bilar etc. På 1990-talet kommer vi fortfarande att arbeta med dem, men då i mycket mer "kunskapstäta" och förfinade versioner. Det som saknas nu, dvs sammanställningar av de erfarenheter som hitintills gjorts och av de slutsatser man kan dra, kommer vi sannolikt att se början av redan om några år. Men eftersom så många barriärer måste raderas, kommer utvecklingen mot *kunskapssymbios* som en självklar metod för kreativt nytänkande sannolikt att gå långsamt.

Kombination av kunskaper — kunskapssymbioser

I det föregående har vi talat om att det finns ett behov av att kunna *kombinera* olika typer av kunskaper på ett nytt sätt. De teoretiska kemisterna har börjat arbeta i den riktningen. Men de är ingalunda ensamma bland forskarna.

De amerikanska biologerna ligger tätt i kemisternas spår och konstaterar, att det inte längre räcker med enbart traditionell, djupt specialiserad forskning. Man har klart för sig, att bättre organisation av existerande information faktiskt kan leda till helt ny kunskap.

Korsvisa relationer mellan olika områden har alltså gett högst påtagliga resultat. Så har man t ex funnit, att jäst, protoer och bakterier innehåller liknande molekyler. Och att speciella molekyler som signalerar parning i jäst också finns i könshormonerna hos högre organismer.

Bagatellartad specialistkunskap? Nej, tvärtom, det finns nämligen de som tror att det så småningom kommer att visa sig att likheterna mellan alla biologiska system är långt större än vad man tidigare antagit, vilket får revolutionerande konsekvenser för vår världs- och självuppfattning.

Biologerna inom National Academy of Sciences i USA föreslår att deras egna forskare börjar fundera på hur man skall få fram ett informationssystem som täcker hela biologi-området, ett slags datoriserad matrisdatabas, som man lätt kan få tillgång till via många olika ingångar och i flera dimensioner. Enligt biologerna själva behövs en helt ny typ av forskare för att genomföra detta – dubbelexperter med lika avancerade kunskaper i biologi som i informationshantering. Lyckas de snabbt visa resultat, blir efterföljarna många.

Detta följer de tankegångar som de teoretiska kemisterna är inne på. Generellt gäller, att den disciplin som först börjar jobba med mer effektiv informationsorganisation, bättre informationsekonomi och högre kvalitet på själva informationen som verktyg i sitt forskningsarbete, också kommer att ha mycket att lära ut till sin omvärld. Det som hitintills blivit uppenbart är nämligen att det är otillräckligt att se problemen på dessa områden enbart från dator-expert-håll. Oavsett hur duktiga programmerare, mjukvaruexperter och kunskapsingenjörer datorindustrin har, så är deras kunskap trots allt begränsad till att omfatta dator-området. På övriga områden har de inte mera kunskap än

vilken annan icke-specialist som helst.

Intressant är, att en av många orsaker till japanernas ekonomiska framgångar är just deras förmåga att kombinera olika typer av kunskap.

Att vara datorexpert anses fortfarande, i många sammanhang, vara detsamma som att ha genidrag, därför att datorexperterna ännu är relativt få och området relativt nytt och helt obekant för ett stort flertal. Att vara biolog, kemist eller lingvist är inte alls lika "sexigt", tvärtom låter det lite dammigt och tråkigt. Detta kanske är den direkta orsaken till att de allra flesta datoranvändare är så totalt okritiska mot den programvara och de datorsystem de använder.

Det var detta fenomen som delvis fick Weizenbaum att vända sig mot sin egen AI-forskning – potentiella användare tycktes inte vilja lyssna till det faktum, att ELIZA var programmerad av en icke-expert och därför inte kunde fungera som expertkunnig psykolog och samtalspartner – datorn kan ju som bekant inte ha fel i vår generations begreppsvärld. Därför skulle det sannolikt vara nyttigt att bygga in en "Caesars slav", vars enda uppgift det var att upprepa: "Kom ihåg att du är dödlig!" i framtidens system, en fras som då och då upprepas: "Kom ihåg att detta är en dator och att datorn programmerats av människor som du!" Eller kanske mer konstruktivt, ett frågeprogram, som då och då kastar ur sig de relevanta frågorna – "Vad?" "Hur?" "Varför?" "Till vilken nytta?" Kanske bör vi som användare kräva "VDN" på våra framtida programvaror, varudeklarationer som klart talar om vilka randvillkor, vilka föreställningar och begränsningar som kan ha byggts in på grund av programmerarens ideologier och begreppsvärld.

Inläarning

Många exempel finns på hur just kunskaper om och inlärandet av programmering har hjälpt unga människor att

lära känna sig själva, att finna sin egen identitet och förstå hur de tänker på ett sätt som knappast hade varit möjligt utan det flexibla verktyg just en dator är. Sherry Turkle, sociolog vid MIT, berättar om sådana ungdomar, som hon under sex års tid följt genom olika stadier av utveckling och just självkännedom, i sin viktiga bok "The Second Self".

Vi icke-datoriserade generationer har försökt uppnå samma självkännedom med hjälp av konst i olika former, diverse hobbyaktiviteter, psykoanalys etc. Eller snarare, sökt just självkännedom genom att uttrycka det vi känner djupast inne genom olika typer av mer eller mindre veder-



"Charlie Jackson's daughter only charges four pounds an hour for tuition."

tagna kreativa metoder och traditionellt kreativa verktyg.

Är det då möjligen så, att vi, som ännu inte haft tillgång till och lärt oss förstå hur datorer fungerar och hur de gör människan inne i oss synlig, undermedvetet fruktar just detta när vi kommer med allehanda invändningar mot datorer, expertsystem och det som i dag kallas "artificiell intelligens", som vi i många fall tycks se som en *farlig* utveckling? Uppenbarligen är frågorna kring tänkande maskiner många, svåra och överväldigande. Samtidigt medför de ju så fantastiska möjligheter för oss att med hjälp av teknikens landvinningar äntligen börja bygga över den enorma klyfta man menar finns mellan de "två kulturerna" – den tekniska och den humanistiska – trots att många menar att det inte är möjligt och, ännu fler, att tekniken kör över humaniora.

En nyckelfråga torde vara: *Vad* fruktar vi att få kunskap om? Är vi på väg mot en ny period av diskussioner kring "kunskapens träd" och människans syndafall i rent biblisk bemärkelse? Tror vi möjligen, att intelligenta maskiner/datorer leder till ett nytt syndafall, ett syndafall vars konsekvenser vi inte kan överblicka? Eller är det så att vi fruktar att se oss själva – och varandra – i vår avklädda inkompetens, speglade i omutligt logiska maskiners minnen på blänkande skärmar? Något så avslöjande att vi kan uppleva det som omöjligt att försvara oss emot? Dessa frågor är mycket viktiga, eftersom de påverkar vårt sätt att arbeta med kreativa problemlösningar och självförnyelse.

Bo Göranzon, Ingela Josefsson och andra har också pekat på den "tysta kunskapens" betydelse (tacit knowledge) – en erfarenhetsbaserad kunskap, som saknar verbal form ("sitter i händerna"), och som därför inte *kan* datoriseras. Men – är det inte just denna kunskap kunskapsingenjörerna söker?

Redan dagens datorer har blivit ett verktyg för självkännedom. Barn i alla åldrar sitter framför datorerna och använder dessa för att skapa databilder med vars hjälp de kan tänka på sitt eget tänkande och på sig själva! De ser sina egna program som ett direkt uttryck för vad som finns

inuti deras egna huvuden och som är i det närmaste omöjligt att uttrycka så som man vill om man inte behärskar långt svårare verktyg som penslar, papper, färger, skrivkonst, komposition etc.

Dessa uttryckssätt är svåra att lära och det krävs lång tid för att man skall nå den perfektion, som barn ofta fordrar av sig själva därför att de anser att de vuxna kräver det. Med datorers hjälp blir allt detta enkelt. Det går lätt att rita, stava rätt, att skriva saker snyggt, att komponera ihop färger — datorn har ju flera "förlåtelseknappar" och lämnar inte efter sig svarta suddmärken eller spår efter penselkladd, som förstör helhetsintrycket av den vackra bild man sett framför sig då man började sitt skapande.

Professor Turkle har funnit hur just kunskaper i programmering har hjälpt ungdomar att hitta lösningar på sina egna problem. Eller snarare, metoder för att lösa sina egna problem. De har äntligen fått klart för sig, att det finns många olika sätt att lösa problem på.

Tack vare datorernas flexibilitet och stora möjligheter till ändringar i program och till korrigerings fel, upptäcker de plötsligt, att det de trott varit fel från början till slut i deras sätt att lösa ett problem i själva verket är ett litet obetydligt fel, som enkelt kan rättas till utan att allting behöver göras om från början. Äntligen finns det ett verktyg, som hjälper oss lära av de egna misstagen.

Men — datorer är inte enbart ett verktyg för självutveckling och självkänedom. De kan också bli burar, fällor som stänger in individer i mycket klart definierade omgivningar, som de inte vågar lämna. I dessa väl definierade omgivningar känner man sig nämligen säker, trygg och övertygad om att man behärskar allt, och alla, och behöver inte exponera sin egen osäkerhet. Ingen vet hur man skall tackla detta, och vissa "hackers" har råkat väldigt illa ut, då de sökt kontakt med den "normala" omgivningen.

Ytterligare en mycket intressant person då det gäller inläring, och framför allt inläring hos barn i förskoleåldern, är Seymour Papert, också han professor vid MIT. Paperts grundidé är en *kunskapsbaserad* teori för inlä-

ning, en teori som *inte* separerar ämnet från dess pedagogik. Själv är han matematiker, och menar, att studiet av hur man lär sig matematik inte kan skiljas från studiet av själva matematiken. Han ser datorn som ett universalverktyg, som kan ha tusentals olika funktioner och stimulera till tusentals oväntade reaktioner. Under de senaste tio åren har han varit sysselsatt med att arbeta fram datorer som är tillräckligt flexibla – så att många barn kan arbeta kreativt med dem, var och en på sitt sätt. Papert har arbetat fram ett programmeringsspråk för de mycket unga – också fullt användbart av äldre! – som heter LOGO.

För den som inte kan läsa hjälper en lustig liten sköldpadda till att förklara hur den 5-årige programmeraren skall bära sig åt för att få de saker han/hon vill skall hända också verkligen händer. Papert menar, att barn har en mycket större förmåga att själva komma fram till lösningar på problem, också avancerade sådana på områden som matematik, naturvetenskaper och de humanistiska vetenskaperna, än vad dagens pedagogiska system låter påskina, bara barnen får koncentrera sig på rätt saker, vilket inte nödvändigtvis är att skriva prydligt eller ställa upp meningslösa siffror i snörräta rader för radernas och siffrornas skull. Barns intellektuella kapacitet är mycket större än så.

På Paperts institution finns dr D.N. Osherson, som framför allt ägnar sig åt barns inneboende logiska förmåga. Hans forskningsresultat kan på sikt revolutionera hela skolsystemet, om detta nu inte vore så konservativt och självbevarande. Han tycks vara på väg att mycket tydligt kunna påvisa, att existerande pedagogiska system och metoder bygger på felaktiga antaganden av vad barn egentligen kan och kan lära sig. Ny pedagogik blir då en nödvändig följd, en pedagogik, där datorn som verktyg spelar en central roll. En omedelbar och positiv effekt av detta blir att framtida generationer slipper att ha två samhällsklasser – de datakunniga och de -okunniga.

Strategiska inlärningssystem

Ytterligare ett intressant inlärningsområde kan kallas "strategiska inlärningssystem", dvs man lär systematiskt nytt utifrån sin egen erfarenhet.

Ett antal forskare vid Carnegie Mellon-universitetets pedagogiska institution sysslar med denna typ av inlärning. De arbetar mycket med komplexa pussel som bas för sina problemlösningar.

Likaså arbetar de med att finna och definiera luckor i de olika regelsystem, som gäller för vedertagen problemlösning. "Tankefelsdiagnos" och "missförståndens gener" intresserar dem speciellt, eftersom de försöker nå fram till en generellt tillämpbar "repair theory", dvs en teori, som hjälper oss att både undvika och reparera missförståndens skador. Men – trots att dessa metoder att lösa problem verkar innehålla en rad kreativa faktorer, talar forskarna inom de kognitiva vetenskaperna överhuvudtaget inte om begreppet kreativitet. De anser sig enbart syssla med problemlösning, som om den existerade utan kreativitet.

För dessa forskare gäller det att hitta utvidgningar av de givna regler de arbetar utifrån. Högsta prioritet för AI bör enligt dem vara att utveckla nya datorprogram, som upptäcker nya regler. Och eftersom AI-forskningen tvingar forskarna att formalisera och att ge uttryck för sina tankar i datalogisk klartext, skulle man kunna hävda, att *AI är vetenskapen om att göra maskinerna produktiva och människorna kreativa*.

Språkinlärning

Ett annat inlärningsområde, som i högsta grad intresserar AI-forskarna, är av naturliga skäl språket, eftersom det är roten till hur framgångsrik man kommer att vara i sin forskning. Ett aldrig så intelligent system, som inte kan förmedla sin intelligens, existerar ju egentligen inte. Kunskap får ett värde först då den sätts i relation till och förmedlas till sin omvärld.

De språkinlärningssystem man arbetar med på t ex MIT handlar om den praktiska språkinlärningen. Systemen är främst avsedda för personer, som vill lära sig ett främmande språk. Det mest avancerade systemet finns för spanska, eftersom spanska håller på att bli ett andra språk i USA bl a på grund av den stora invandringen från Mexico och Kuba.

Den som vill lära sig det nya språket sitter framför en dataterminal, som hela tiden ställer frågor om den miljö, där eleven befinner sig. Det handlar om en artificiell, fysisk miljö som datorn skapar på sin skärm. Med hjälp av ett grafikprogram befinner man sig plötsligt på en gata i Mexico City. Där blir man utfrågad om olika företeelser av en artig mexikan. Det kan gälla enkla frågor som vad klockan är, hur man tar sig till en viss plats, vilken buss som passerar Stora Torget osv till betydligt mera komplexa som hur skolsystemet fungerar i det egna landet och vad man anser om den mexikanska revolutionen, allt beroende på vilken svårighetsgrad eleven väljer.

Då gäller det för studenten att via datorns tangentbord svara på spanska. Han/hon får en omedelbar feedback från "gubben i datorn", som antingen förstår vad som sägs eller också fortsätter att fråga till dess att "han" försäkrat sig om att de involverade verkligen förstår varandra.

Det här systemet arbetade för ett år sedan med mycket enkla grafiska lösningar, vilket ledde till att det var lätt för eleven att förlora sig i irrelevanta betraktelser över hur dålig grafiken var. Därför började forskarna fundera på hur de kunde utnyttja den kunskap som finns i MITs mycket framstående laboratorium för grafisk framställning. Där arbetar man med att integrera olika typer av bildframställningstekniker — fotografi, grafik, datorgrafik, tryck, optiska videoskivor osv. Något färdigt resultat av den här symbiosen har man fortfarande inte sett, men om forskarna lyckas, borde det bli en mycket rolig upplevelse att lära in ett nytt språk. Kanske ett slags "edutainment", underhållande utbildning ("education" plus "entertainment")?

Men den del av språkforskningen, som håller flest AI-specialister sysselsatta, är ändå den som är relaterad till hur människor kan umgås med "intelligenta" datorer – på människors språk. Semantiker, fonetiker, språkpsykologer, experter på grammatik – morfologi och syntax – arbetar med mycket avancerade system för att finna generella språkstrukturer för att klara av programmering på vanlig engelska, dvs "naturligt språk".

Här återstår mycket att göra, även om några företag under den senaste tiden annonserat att de kommit fram med översättnings- och stavningsprogram. Då vi bedömer kvaliteten på dessa, skall vi ha klart för oss, att språket är en av de mänskliga företeelser, som vi i dag vet för litet om. Grundforskning saknas på snart sagt alla områden, och lingvister världen över har mycket olika uppfattningar om vilken problematik som skall angripas och hur. Därtill är språket som fenomen ytterst komplext med mängder av inbyggda tvetydigheter och överlagrade och relevanta informationsenheter, som vi tenderar att glömma bort, då vi tänker på och talar om språk och då vi skapar dagens enkla och triviala datorspråk.

Professor Margaret Boden vid Sussex-universitetet menar, att det största hindret för programmering i naturligt språk är bristen på kunskap om semantiken. Sannolikt har hon rätt. Den av språkvetaren Noam Chomsky lanserade generativa grammatiken med dess trädstrukturer känns igen i LISP- och PROLOG-programmeringen. Det är bl a dessa strukturer, som gör det möjligt att någorlunda korrekt översätta tekniska beskrivningar och datamanualer, vilket dataindustrin har gjort tämligen länge.

Japanerna har angripit språkfrågan på många olika fronter. De har t ex utvecklat ett system för visuell språkinläring, dvs man samspelar med en dator via en mikrofon och syntetiskt tal. Datorn ställer frågor – på japanska – som det gäller att besvara korrekt. Det tycks vanligen gälla grammatiska strukturer. Det man säger visualiseras på en dataskärm, så att man också får se hur det man sagt ter sig i skrift eller i fonetiskt korrekt tolkning.

I skrivande stund är det svårt att avgöra vilken betydelse detta komplicerade system kan få utanför Japan. Vi har ju i de flesta kulturer inte samma svårigheter med våra språk som just japanerna har med sitt teckenspråk, uppblandat med två fonetiska alfabet och några romanska skrivtecken.

Under Tsukuba Expo 85 visades bl a ett talande översättningssystem, som simultant översatte från japanska till engelska och tvärtom. Demonstrationen gick så till, att en japan samtalade med en amerikanska; ingen kunde den andres språk. Detta klarade maskinen av. I realtid! Ett annat system översatte direkt till sex olika språk samtidigt.

Effekterna av dessa japanska laboratoriesystem är intressanta ur många synpunkter. Inte minst om man sätter dem i relation till robot- och sensorutvecklingen, talsyntes-systemen och de optiska läsmaskinerna, som alla börjar förete mer och mer "intelligens".

Till språket hör också bildtolkning och innebörden av färger, kroppsspråk och tonfall, samt en mängd signaler, som vi knappast ens är medvetna om. Påverkar t ex lukt vårt sätt att tolka en situation språkligt? Och vilken roll spelar känslan? Att emotionerna är i högsta grad viktiga vet vi, men frågan är hur! Signalforskarna och sensorspecialisterna, liksom robotforskarna, är de som för närvarande kommer närmast dessa områden. Så här långt har deras forskning enbart i liten utsträckning nått utanför militära användningsområden.

I och med detta kommer vi in på ytterligare ett område av stort intresse för alla AI-forskare, och som också direkt påverkar möjligheterna för framtida system att kunna fungera som kreativitetsförstärkande, nämligen *gränssnittet människa/maskin*.

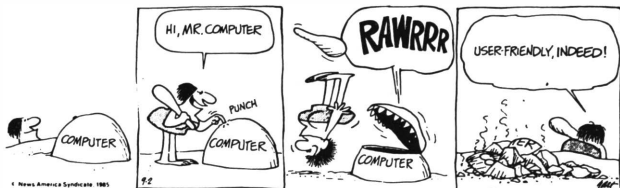
Även här pågår intensiv forskning runt om i världen, inte bara på universitet och i forskningslaboratorier, utan också hos de stora datatillverkarna. Persondatorexplosionen har som vi sett haft flera intressanta följder. De små datorerna har gjort det tydligt för tillverkarna hur väsentligt det är att de är "användarvänliga". Just nu är det

mycket svårt att få en klar uppfattning om vad detta med "användarvänlighet" objektivt innebär – oavsett hur komplext ett system på dagens marknad är, så presenteras det ändå som "användarvänligt".

Kanske sätter Robert Schank, Yale-universitetets AI-chef, tillika professor i datorlära och psykologi, fingret på problemets knutpunkt i sin nyutkomna bok "The Cognitive Computer", där han bl a hävdar: "Huvudbudskapet i denna bok är: sluta oroa dig! Datorrevolutionen har inte gått förbi dig. Tvärtom, det motsatta är i själva verket fallet. Datorrevolutionen har långt ifrån nått fram till dig. Om du tycker det är besvärligt att använda dagens datorer, kan du lugnt vänta. För det är datorerna som måste förändras, inte du."

B.C.

BY JOHNNY HART



En god beskrivning av hur "användarvänliga" dagens datorer i själva verket är.

Professorn drar paralleller med två andra "maskiner", som betyder mycket för oss i vardagslivet – bilen och televisionen: "Tänk bara på bilar och tv-apparater, två maskiner som spelar en viktig roll i våra dagliga liv. Huvudorsaken till att de är så användbara är att vi kan utnyttja dem utan att veta ett enda dugg om den teknologi som ligger bakom dem... Genomsnittsmänniskan behöver faktiskt inte lära sig programmera datorer i större utsträckning än han/hon behöver lära sig meka med sin bil eller laga sin tv. Naturligtvis är det trevligt att kunna laga sin egen tv eller bygga om sin bilmotor, om det nu roar en. Men ingen bryr sig väl särskilt mycket om, ifall omgivning-

en betecknar en som 'tv-illiterat' eller 'bil-illiterat'?"

Jämförelsen är intressant och tänkvärd. Varför i all världen har det blivit så viktigt att vara "data-litterat" på dagens *primitiva* datorers villkor?

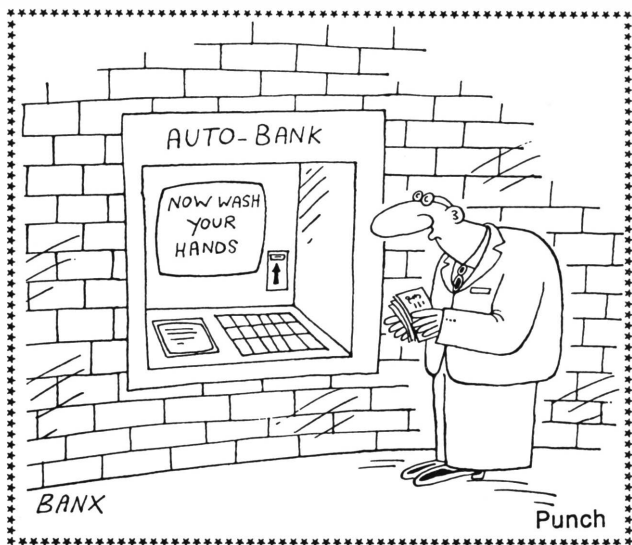
Naturliga språk

Programmering i "naturliga" språk är ytterligare ett mycket aktuellt AI-begrepp, som vi nämnde ovan. Innebörden är inte exakt vad man vid första anblicken kan tro att den är. Visserligen söker forskarna, som vi redan sagt, möjligheter att kommunicera med datorerna på vanlig, mänsklig engelska, svenska, japanska eller vad det nu kan vara. Som framgått är vägen dit lång. Därför innebär programmering i naturligt språk i dag, att programmeraren använder sig av experternas speciella jargong då de t ex bygger upp ett expertsystem. Denna jargong eller, om man hellre vill, dessa "expertdialekter" är inte mycket enklare för den icke-initierade att förstå än dagens vanligen förekommande dataspråk, även om både den syntaktiska och semantiska strukturen i de "naturliga" dataspråken ligger betydligt närmare de vanliga språkstrukturerna!

Expertsystem och moral

Att hantera kunskap innebär att göra etiska val. Varför funnes det annars en ingenjörsetik, en advokatetik, en läkarens hippokratiska ed? Varför diskuterade man annars forskarens ansvar för atombomber och eventuella risker med genmanipulation?

Så länge experten — han/hon må nu vara forskare, läkare, företagsledare eller något annat — själv tillämpar sin kunskap, kan han/hon välja och bestämma när och hur och under vilka villkor. Men i samma stund som han eller hon matar in sin kunskap, sina tumregler, sina lathundar, sina erfarenheter i ett expertsystem — ja, då försvinner också



möjligheten att tillämpa den egna etiken. Kunskap och ansvar slutar att följas åt. Någon annan, som utnyttjar expertsystemet, får ett ansvar utan att känna till *innebörden* av sitt ansvar. Skälet till att det finns etik vid sidan av lag är ju att etiken har sin grund i individuella värderingar och i subjektiva ståndpunkter. Dessa finns inbyggda i programmen, synliga eller osynliga för användaren. Och ju duktigare vi blir på att bygga expertsystem, desto större blir faran för att vi som användare "tar över" de ursprungliga experternas subjektiva värderingar, som ofelbart finns i systemet.

Information utmärker sig bland annat av att den *inte* är fri från värderingar. Vi vill gärna tro på oomkullrunkeliga fakta, mätvärden. Men någon står alltid för urvalet av fakta, för valet av vad som är väsentligt. I bästa avsikter, naturligtvis, och ofta utan att vara medveten om detta subjektiva element.

I denna mening är expertsystem – omedvetet – subjektiva! De innehåller både fragment av fördomar och av tidens och ortens aktuella kultur och etik.

Detta för oss vidare till frågan om vem som är expert på vad.

Vetenskapens och vetandets specialisering gör kunskapen fragmentarisk. Detta är nödvändigt för bra vetenskap, bra kunskap, men det ger dålig överblick, och kittet brister mellan olika kunskapsområden. I den allmänna debatten – minns kärnkraftsomröstningen! – blir experter på ett visst specialområde upphöjda till att vara något slags generella experter. Vi vill gärna ha fadersfigurer att se upp till, någon som auktoritativt kan säga sanningen, men denna övergripande sanning existerar – kanske – inte.

Risken är alltså att en "rätt" expert blir fel, att ett expertsystem är expertsystem bara för vissa frågor men "amatörsystem" för andra.

Det leder till kravet på varudeklaration av expertsystem. Vem har gjort systemet och för vilka syften? Är det flera som samarbetat, hur och med vilken överlappning eller vilka brister i kunskaper? I vad mån är hela det avbildade kunskapsområdet verkligen väl känt och dokumenterat? I vad mån är expertsystemet självt ordentligt dokumenterat? Vilka delar är exakta, var har man gjort kompromisser? Vilka data är robusta, dvs var kan man acceptera stora mätfel eller betydande tolerans i inmatade uppgifter, och var är känsligheten för fel eller osäkerhet störst?

Och: vilka hinder för kreativitet finns det? Vilka dimensioner är helt obeaktade?

Det sista är en genuint hopplös fråga. Det ligger i sakens natur att den som bygger upp ett system täcker till alla luckor och dimensioner som är kända – vid det tillfället. Att ge öppningar för något okänt och abstrakt, för en princip om kreativitet, är mycket svårt. En generell rekommendation är för all del lös koppling mellan moduler i expertsystemet, ett i hög grad flexibelt och *självorganiserande* system, ett slags nätverk med svaga länkar mellan

nätverkets olika enheter.

Allt detta handlar om kvalitet. Kvalitet hos kunskapsbyggnaden, hos instruktionerna i hur den används – kvalitet i den information som skall utnyttjas.

I USA tvekar man att utnyttja i och för sig lyckade expertsystem inom den medicinska vården, därför att någon måste kunna stämmas inför domstol och avkrävas skadestånd om behandlingen går fel. Skall advokaterna dra *användaren* av expertsystemet inför rätta eller är det *konstruktören* som råkar illa ut – när en patient råkat ännu mer illa ut? Här har ansvarsfrågan uppenbara ekonomiska konsekvenser. Men samtidigt – är det etiskt att detta problem skall få hindra den stora spridningen av framgångsrik behandling med det nya verktyget expertsystem?

Fransmännen har, som vi sagt tidigare, börjat förse barfotaläkare, sjukvårdare egentligen, i fattiga delar av Afrika med expertsystem. Det är bättre än ingen läkare alls, säger de, fast förstås mycket sämre än om man hade läkare. Men sådana finns ju bara inte, så valet är enkelt.

Den socialt och politiskt medvetne ställer då nästa etiska fråga: givet att det finns dessa barfota expertsystem – minskar inte det landets möjligheter och incitament till att så småningom utveckla den läkarkår som vi egentligen var ense om som den överlägset bästa lösningen? Blir det goda provisoriet ett hinder för att det bästa faktiskt någonsin uppnås?

Inläringssystemen är ytterligare exempel på expertsystem som reser etiska frågeställningar. Den mänskliga lärarens urskillningsförmåga och tvehågsenhet exponeras inte längre. Eleverna och studenterna får inte tillgång till signaler som lärarens outtalade men väl så explicita kroppsspråk, som klart och tydligt visar, att vissa s k fakta egentligen är ytterst tvivelaktiga.

Inte heller står humorn, som ju effektivt pedagogiskt verktyg, bl a då det gäller att sätta skeenden in i sina rätta sammanhang, till förfogande i dessa datorbaserade inläringssystem. Visserligen hävdar en och annan AI-forska-

re, att det är möjligt att konstruera system med humor, men vad för slags system blir det? Med vilken typ av humor? Sannolikt inte av den utmanande, ifrågasättande och kreativa typ som t ex Povel Ramel gläder sin omgivning med.

Nej, faran är igen, att ingenstans i dessa system finns den slav inbyggd, som ständigt stod bakom Caesar och viskade i hans öra: "Kom ihåg att du är dödlig!"

Vissa företag, som påstår sig vara ledande på expertsystem, demonstrerar stolta sina primitiva frågeprogram, där man får mata in ålder, vikt, längd, rök-, sömn-, mat- och motionsvanor, sjukdomar och liknande hälsopåverkande faktorer. Då man svarat på alla frågor, får man av systemet veta, att man bär på 4,5 kg övervikt, att man röker, dricker och äter för mycket, sover och motionerar för litet och att man löper 54 procents risk att drabbas av hjärtinfarkt vid 55 års ålder om man inte radikalt ändrar sina vanor. Alla får liknande svar utan hänsyn till individuella skillnader.

Ändå är det svårt att inte fascineras av detta. Trots att mjukvaran inte är utvecklad av någon annan än en helt vanlig programmerare med lika lite medicinsk utbildning som vem som helst utanför det medicinska skrået. Eftersom man får veta detta av en till synes "objektiv" dator, som man ju vet inte kan göra fel, kan konsekvenserna bli ödesdigra för den mindre dataerfarne. Tanken att varje utgivare av kolorerad veckopress skulle förse sina läsare med dylika "objektiva" datorbaserade råd är skrämmande. Vem bär ansvaret för konsekvenserna?

Ett helt komplex av etiska frågor handlar om att expertsystem sannolikt gynnar vissa teorier framför andra. Vi riskerar att välja en dålig verklighetsbeskrivning framför en bättre, bara därför att vi får verktyg att hantera denna sämre teori med, verktyg som dessutom kan vara skadliga och beröva oss möjligheten att se verkligheten som den faktiskt är.

Det finns saker som är kvantifierbara, och det finns andra som inte är det. De kvantifierbara blir lättare att pro-

grammera i expertsystem – alltså för sådana vetenskapliga teorier, och varför inte sociala och politiska, ett försteg. Det här har skett förut. Det vi kallar för logisk positivism, eller empirism, var ju en vetenskaplig metod som hade enorm framgång inom naturvetenskapen. Den framgången gjorde att samma eller liknande forskningsmetoder kom att utnyttjas även inom humaniora och beteendevetenskap. Inget ont i det, om det sker med måtta och på dessa vetenskapers villkor. Men det finns rader med exempel på hur denna naturvetenskapens diktatur haft negativa effekter. Alltså: om expertsystem har stor framgång på ett område så ligger det en paradoxal risk i detta. Nämligen att den framgången sprider sig till områden av mänsklig verksamhet där expertsystem passar dåligt, leder fel, blir uttryck för demagogi.

Ett litet exempel på detta har vi i datorprogrammet ELIZA. Weizenbaum såg detta enkla dialogprogram som en enkel leksak: datorn bollade ju bara tillbaka ens egna repliker, men tillförde inget. Ingen kunde väl tjasas av detta? Jo – och det var, som vi redan beskrivit, en chock för Weizenbaum: när han stängde av ELIZA blev det en proteststorm, eftersom en rad människor lärt sig att bli tröstade av datorn.

Det är lätt att förstå att Weizenbaum kände sig som Manhattanprojektets forskare, som släppt ut atombomben. Det fanns ingen återvändo, när bomben väl fanns – inte heller när ELIZA hade kommit till. Kunskap vi skaffat oss kan aldrig göras ogjord, kan aldrig glömmas bort genom en medveten viljeakt. Det var bara Kinas kejsare Shi Huang Ti som trodde att han kunde utplåna historien genom att bränna alla böcker.

Weizenbaums samvete väcktes, han engagerades till moralisk handling av den onda ande han tyckte sig släppt ut ur flaskan. Det finns andra som inte alls ser anden som ond och ytterligare andra, som säger att hade inte Weizenbaum gjort det så hade någon annan gjort det. Metoden att – något intelligentare än ur ELIZA – bolla tillbaka patientens repliker representerar en särskild psykiatrisk

metod, en speciell skola inom psykologin. Uppenbarligen får denna skola, av alla, extra drivkraft av expertsystemet ELIZA.

ELIZA är också ett exempel på att ett enkelt och föga omfattande program kan förse med sådan kosmetik att det faktiskt upplevs som "levande" – en som vill ha fler exempel på att datorn allt oftare upplevs som en varelse som håller på att få liv, lika levande som mänskligt, hänvisas till Sherry Turkles bok "The Second Self". Men det finns många fler sådana kosmetiska program, som ger intryck av att ha ett stort och filosofiskt eller expertmässigt innehåll, fast det är skäligen magert. Dessa utnyttjar helt enkelt det faktum att människan bara kan hantera sju bitar av information, plus minus två, åt gången. . .

Därför blir det en etisk fråga att inte luras med sådan kosmetika: att avslöja enkelheten i strukturen i stället för att dölja den och briljera med den, att peka på de begränsningar som måste ligga i ett program med givna tekniska ramar (i t ex minne och centralenhet) i stället för att förtiga dem. Detta är ingen enkel uppgift att övertyga försäljare om, misstänker vi. . .

Naturligtvis finns det fundamentala begränsningar för vad som går att göra i ett system – "naturligtvis" heter det, eftersom Gödels teorem sätter upp principiella gränser. Å andra sidan låter det sig sägas, att det går att utveckla "fuzzy logic", en diffus och trevande logik, det går mycket väl att låta datorn tänka i *kanske* eller *jaså*, likaväl som i *ja* och *nej*. Men problemet är här människan, på sätt och vis. Vi vet vad *ja* och *nej* är, men vet vi vad *jaså* eller *kanske* innebär?

I en del fall är det enkelt. *Kanske* kan åsättas ett sannolikhetsvärde. Men ibland återger *kanske* en attityd, en jämförelse, en genuin osäkerhet som kräver ett helt liv – eller organiserade experiment, informationsjakt – för att ta ställning till.

Då fungerar inte sannolikheter eller alternativ i något slags trädstruktur. Det är fullt mänskligt att säga att A är bättre än B och B bättre än C samtidigt som C är bättre än

A. Det kan en dator klara, men det finns värre dilemman och paradoxer, i fler dimensioner, och om inte formell logik klarar av dem, hur gör då datorn det? Vi kan avslöja att människan gör det. Ibland gör hon det genom att helt enkelt undvika ett val. Det är den gordiska knutens lösning. Att göra något oväntat, eller som det börjat diskuteras i beslutsfattarkretsar i USA – att skjuta upp eller avstå eller överlämna åt någon annan. Då är det en fara om expertsystemet *tvingar* till val. Systemet kan också tvinga till val genom att det registrerar, att man *inte* väljer.

Det är också en fara om det gör problem och alternativ alltför tydliga. Förhandlingslösningar bygger ibland på att vissa saker inte skall utsägas. Förbiseende går det inte att skamset skylla på, vilket annars kanske är en bra utväg.

Ibland skall vissa saker inte utsägas, därför att då förlo-
rar någon ansiktet. Sakligt sett är det ingen skillnad, säger västerlänningen. Men för österlänningen är det all skillnad i världen. Expertsystemet kan inte dra sig tillbaka, bugande, runt ett hörn, så alla behåller sina ansikten.

Japanernas attityd är att sanning inte finns, att man skall komma överens ändå. En sådan filosofi kräver något annat av expertsystemen än amerikanarnas tilltro till rättsliga förhandlingar, "the adversarial process".

I det delvis mytiska Hawthorne-experimentet studerade man hur produktiviteten ökade när belysningen i en telefonfabrik drogs upp. Därefter såg man att produktiviteten ökade än mer när belysningen drogs ned. Snabb slutsats: i förändringen ligger lockelsen, däri låg produktivetsökningen. Och det var fel. Det var *forskarnas studier*, som bevisade för de alltmer produktiva arbetarna att de var värda något, tillsammans med feedback, som gav hela den positiva förändringen. Hur får man med sådana värderingar, upplevelser i ett expertsystem? Expertsystem bär med sig ovanligt spännande tekniska lockelser. Men just i deras lockelse, i deras potential, i deras slagkraft och övertygelseförmåga ligger ett extra starkt krav på etik. Det kravet blir än större eftersom expertsystemen, vare sig vi vill det eller ej, är antropomorfa, efterliknar människan. Som me-

taforer för mänskligt tänkande kan de få en genomslagskraft på själva våra värderingar – och därmed vår etik och moral! – som det gäller att handskas ytterst, ytterst försiktigt med. . .

”Subjektiviteten är sanningen”, säger Sören Kierkegaard. Detta kanske är raka motsatsen till en tro på fakta-baserade expertsystem?

Slutsatser

- Att den kunskapsteoretiska forskningen har långt kvar innan kunskapen om kunskap är ens tillnärmelsevis tillräcklig för att nå upp till AI-forskningens krav. Denna AI-forskning har dock skapat en starkt ökad efterfrågan på sådan förståelse;
- att kunskapens ekonomiska betydelse kommer i centrum i och med informationssamhället;
- att kombinatoriska databaser, styrda av expertsystem, kan generera ny och värdefull kunskap ur gammal;
- att sökandet efter fullständig kunskap om hjärnans funktion kommer att ställa dagens AI-forskare inför stora problem. De måste börja ta med de totala biologiska systemen i sin fortsatta forskning – inte enbart simplistiska modeller av en frikopplad tankeprocess;
- att tekniken finns för att bygga kreativa expertsystem redan i dag, men att AI-forskarna inte tänker i termer av kreativitet. Kreativiteten har ingen självklar plats i AI-folkets begreppsvärld. Därtill vet vi fortfarande för litet om kreativitetens villkor i relation till den nya tekniken;
- att vi står långt ifrån den flexibla, användarvänliga och kreativitetsförstärkande dator vi så väl skulle behöva, men att vi närmar oss genom mångfalden av dellösningar, som börjar stå till buds;
- att datorer så smått börjar betraktas som effektiva verktyg för tänkande;
- att vi alla, med datorn som verktyg, kontinuerligt kom-

mer att lära nytt. Ny kunskap blir på sikt ett ännu mer uttalat villkor för överlevnad. Det medför sannolikt också att dagens tämligen fixerade yrkesroller kommer att lösas upp och att det blir regel snarare än undantag att byta yrke flera gånger under en livscykel. *Förändringen* kan sägas bli ett *modus vivendi*, medan de statiska systemen är dömda till dinosaurisk undergång;

- att kreativitet i alla faser av samhälls-, organisations- och individutveckling kommer att bli en förutsättning för ekonomisk framgång;
- att AI är en serie tekniker och *kanske* en kognitiv vetenskap. Däremot är det oklart om det ännu verkligen är en marknad, alla optimistiska förutsägelser till trots.

KREATIVA EXPERT- SYSTEM – SÅDANA DE ÄR OCH SÅDANA VI KAN TÄNKA OSS DEM

"Through the expression of human knowledge in technology, the future of the universe lies in the human mind, and thus in the information technologies that assist it."

Paul Levinson

Varje tidsålder upplever sig som unik. Ändå vågar vi påstå, att mänskligheten nu är på väg in i ett nytt stadium av sin utveckling, om vi ser evolution som förmåga att använda den kunskap vår och tidigare generationer byggt upp. För närvarande kallas ofta den nya eran för "informations-samhället", bl a av den anledningen att fler och fler individer övergår till att behandla information i en eller annan form i sin dagliga gärning.

Informationssamhället tycks medföra, att allt fler kommer att använda sig av datorer som verktyg för att förstärka sin intellektuella kapacitet, på så sätt att datorer – och andra maskiner – tar över det intellektuellt långtråkiga arbetet, som består av upprepandet av redan kända mönster, t ex beräkning av kvadratrötter, ekvationer, positioner, kartritning, installationsscheman, produktionsförlopp... Tekniken befriar människan från rader av sådana repetitiva uppgifter – den fungerar som tankeförstärkare – och äntligen borde hon kunna ägna sig åt det hon är speciellt bra på – att vara kreativ, att improvisera, att hantera det okända.

Under senare år har det talats mycket och bekymrat om

att vi lider brist på bra idéer och kreativitet, att skolsystemen effektivt dödar människans inneboende och ursprungliga kreativitet. Det har föreslagits, att alla, gammal som ung, skulle gå igenom en eller flera kurser i kreativitet för att kunna leva som produktiva samhällsmedborgare. Det finns anledning att betrakta den här nya kreativa "folkrörelsen" med viss skepsis. Kanske kommer det att visa sig att vi aldrig haft tillgång till så många kreativa idéer som nu – men heller aldrig stått sämre rustade för att ta till vara dem?

Datorer per se är helt och hållet icke-kreativa. Ändå kan de fungera som stöd för den mänskliga kreativiteten och kanske rentav utveckla den. Med förvåning har vi därför konstaterat, att ingen av de många forskare vi talat med aktivt arbetat med kreativitet som en faktor i sitt forskningsarbete. Varför är det så? Varför svarar så många av de tillfrågade: Det har jag inte tänkt på! Det är ju en bra idé? Men – nu?

Av våra intervjuer att döma finns fem förklaringar till att kreativiteten ännu inte hamnat på dagordningen:

- kreativitet har inte identifierats som något att syssla med;
- det är tillräckligt svårt med intelligens, kreativitet får vänta;
- det saknas en teori för kreativitet;
- kreativitet är en del av intelligens;
- kreativitet är "bara" en rejäl programmeringsuppgift, inget principiellt nytt.

Minsky och Papert är några av de få vi känner till, som försöker uppmuntra sin omgivning att använda datorerna för att ge utlopp åt den personliga kreativiteten. Minsky själv är ivrig att förstå de strukturer som han antar döljer sig bakom de stora kreativa geniernas mästerverk – Bach, Mozart, Renoir och Leonardo da Vinci, vad är det som gör deras verk kreativa medan alla epigoners verk inte är det på samma sätt? Kanske beror hans iver på att Minsky

själv är en så duktig pianist?

Paperts LOGO-system ger studenter i alla åldrar möjlighet att själva komma på hur de skall gå till väga för att lösa olika typer av problem, ja idén med LOGO är att de själva skall kunna upptäcka världen – t ex den matematiska. Datorn ställer upp på studenternas egna villkor.

På samma sätt fungerar de CAD-liknande system, som används av olika bildskapare: Disneys filmmakare gjorde en helt datagenererad film, "Tron", vars innehåll tedde sig tämligen obegripligt för den som inte hade en aning om vad en elektron eller CPU är, olika datagenererade serier, bilder etc.

I dessa fall fungerar datorn snarare som verktyg än som ett kreativitetsutvecklande system. Människorna använder sig av datorn i stället för av pensel, tusch och penna, färger och palett. Kompositörer arbetar med s k synthesizers för att skapa ny musik.

Det man möjligen kan invända är, att dessa personer aldrig lär sig använda sin konststarts verktyg på det sätt som krävs för genialitet. Men – å andra sidan – använder de sina datorer på ett kreativt sätt.

Datorn har kommit att ersätta de traditionella verktygen – med mer eller mindre intressant resultat och sannolikt med förlust av "tyst kunskap". Men – vi skall inte glömma bort att dra slutsatser av tidigare teknikrevolutioner – fotot t ex ersatte inte målningen så som några förutspådde utan skapade en ny konststart – och påverkade också starkt konstens inriktning.

Nu är det inte datorn som verktyg vi är ute efter, utan snarare datorn som kreativitetsstöd, som "sparring partner" då det gäller att komma fram till nya problemlösningar. Vi menar inte geniernas "kreativitet" – dessa behöver kanske inte ens datorer – utan det som bäst kan betecknas som "vardagskreativitet", den kreativitet som i grund och botten finns hos varje individ, men som av olika sociala och psykologiska skäl inte kommer i dagen: Jante-lag, NIH-syndrom (Not Invented Here), "gjorde-jag-bort-mig"-rädsla, det automatiska nej, moraliska regler, eti-

kett, alla dessa kreativitetsdödande barriärer.

Hur kan då datorer hjälpa oss att komma över och kringgå dessa hinder? Jo, datorn har en rad egenskaper, som är förutsättningar för, eller förstärker, en kreativ miljö:

ON THE FASTRACK[®]

By Bill Holbrook



Snabb och effektiv kommunikation är en förutsättning för kreativitet.

- den ger snabba besked: svar på frågor, uträkningar, tester. Och snabb respons befrämjar, som vi beskrivit, kreativitet – de kreativa har inte tålamod att vänta särskilt länge på reaktioner;
- den kan med hjälp av simulering snabbt visa hur en produkt kommer att te sig i verkligheten utan mödosamt fysiskt modellbygge. Detta medför dels, att idégivaren enkelt och till marginella kostnader kan pröva en rad olika alternativ till dess att han/hon blir helt nöjd med sin skapelse. Dels får idéns upphovsman snabbt se hur det tänkta kommer att te sig i verkligheten;
- den ställer upp på att simulera olika artificiella "verkligheter" utan protester och konventioner: Vill jag se hur en trädgård ser ut med rött gräs, så skapar den rött gräs;
- AI-systemens fönsterprogram (se text beskrivningen av KEE ovan) gör det möjligt att laborera med flera olika programkulturer samtidigt – om jag gör en förändring i en dimension, ger datorn omedelbart besked om vad som händer i de andra.

En helt annan värld

Den som själv är fascinerad av datorer, eller som har data-bitna ungdomar hemma, har sannolikt stött på ett slags dataspel som kallas "skattjakten". Det är ett relativt sett gammalt och egentligen inte ett expertprogram, och har sitt upphov bland ett gäng "hackers" vid MIT.

De fantiserade ihop och byggde i en databas upp en helt ny mytisk och mystisk värld, befolkad av onda och goda: alver, dvärgar, drakar och monster som vaktar över en sagolik skatt.

För att nå fram till denna skatt och få sin beskärda del av den, är man tvungen att passera de mest avskyvärda ställena och utstå de svåraste prov, ibland för att få tillgång till en magisk yxa eller en flaska med förtrollat vatten, goda råd från en välvillig dvärg eller flyktvägar undan den elaka draken. Gång efter annan tvingas spelaren att fatta beslut av följande karaktär:

– Du bär redan en flaska vatten, som du behöver för att inte törsta ihjäl. Vidare bär du tre stora juveler, som du fick av häxan för att du räddade hennes katt, yxan som du (kanske?) behöver för att öppna dörren till dvärgens guld-kammare samt svärdet som du (nog?) behöver för att försvara dig mot draken. Nu vill du ta nyckeln till grottan, men du orkar inte bära den också. Vad lämnar du kvar?

Spelaren svarar kanske:

– Vattnet!

Datorn bekräftar:

– OK, du lämnar vattnet.

Man tränger djupare in i den magiska världen och står plötsligt inför en jättespindel, som inte viker för något annat än vatten.

Datorn frågar:

– Vad ämnar du göra?

– Skvätta vatten på spindeln.

– Men du har inget vatten. Det lämnade du kvar. Vad vill du göra istället?

I det läget inser spelaren sitt tidigare misstag och be-

stämmer sig för att gå tillbaka dit där vattnet lämnades och i stället lämna kvar yxan eller svärdet. Insiktsfulla spelare inser, att de bör lämna juvelerna, eftersom den skatt de kan hämta vid resans mål är så mycket mera värdefull än häxans stenar.

För varje gång ett beslut fattas får spelaren poäng efter vad han/hon lyckas uppnå. Minuspoäng räknas, då spelaren går tillbaka i sina egna spår för att ändra på tidigare fattade beslut. Det händer också, att spelaren får erkänna sig besegrad långt innan målet är nått, därför att de olika besluten varit helt och hållet felaktiga.

Den här modellen av spel, som simulerar en värld, borde kunna användas som kreativitetsstöd för den, som vill pröva vilka hinder och invändningar mot en idé man kan vänta att möta i den egna organisationen och/eller i den omvärld, där man vill introducera sin innovation. Inbyggt i programmet skulle finnas alla de invändningar man tidigare mött, de vanliga svaren och en lista över de åtgärder man själv vidtagit. Programmet fungerar alltså även som minnesstöd för innovatören.

På motsvarande sätt finns interaktiva detektivromaner och andra typer av böcker, där läsaren själv är med och "skapar" litteratur. Sådana system blir som sagt knappast expertsystem men väl databassystem. De frågor det kan ställa är relativt enkla. Men – man kan tänka sig att stuva om programmet till ett expertsystem, eller kanske hellre, ett konsultationssystem, där datorn drar mer vittgående slutsatser av de svar "spelaren" ger, relaterar dem till *samtliga* tidigare svar, samt drar de logiska konsekvenserna av – eller påvisar ologiken i – vad som tidigare beslutats? Vi närmar oss med andra ord ELIZA-modellen. Det skulle vara intressant att testa några av de "skal-program" vissa företag erbjuder utifrån de här aspekterna och med den här typen av innehåll.

Att utvidga givna regler

Man kan samtidigt också fråga sig om det förhåller sig så, att mänsklig kreativitet stupar på att individen inte har förmåga/tillräcklig fantasi för att ställa rätt frågor. Ja, att ställa frågor överhuvudtaget. Vilken roll spelar nyfikenheten för kreativiteten? Här har olika forskare olika svar. Och här gäller det att hålla isär de kreativa och de produktiva förmågorna.

Majakowski och Apollonaire är sant kreativa och tar helt nya grepp på språket och dess struktur, medan Barbara Cartland och Ian Fleming kanske var kreativa initialt men sedan övergått till att vara enbart produktiva. Man kan faktiskt inte låta bli att fråga sig om inte Cartlands böcker lika väl kunde vara skrivna av en dator!

Vi har tidigare sagt, att kreativitet består i att göra utvidgningar av de givna regler man arbetar med, att tämja dem och att behärska dem. En prioritet för AI-forskarna är att utveckla nya datorprogram som upptäcker nya regler – hitintills finns egentligen bara ett sådant AI-program, amerikanen Doug Lenats aritmetikprogram. Lenat fann, att hans program faktiskt hade skapat nya formler, som ingen matematiker tänkt på förut!

Kanske kommer Marvin Minskys komponerade datorer att komma fram med nya formler för musik? Och kanske skapar morgondagens AI-system helt nya förutsätt-



Dagens och morgondagens datorer förstärker kreativiteten hos den redan kreative. Den som inte lärt sig våga pröva nytt, blir snabbt systemets fånge.

ningar för skapandet överhuvudtaget? Här i Sverige har man lärt en dator att komponera nya Alice Tegnér-visor på basis av den tydliga struktur hennes helt "egna" visor är uppbyggda kring. (Men de nya visorna låter litet "torrare".)

Den kreativa processen brukar, som vi sett, beskrivas som ett antal steg – problemidentifiering, faktainsamling, inkubation, illumination och prövning av idén/idéerna. Det första steget, problemidentifieringen, kräver övning. Det är livsviktigt att man ställer rätt frågor så att man ägnar sig åt att lösa rätt problem. Inklusive att bortse från begränsningar som tillhör vanetänkandet, som *egentligen* inte finns.

Faktainsamlingen är också avgörande – ju mer man vet om ett problem, desto mer kreativ blir man då det gäller att finna lösningar på det. I dessa båda steg är det enkelt att inse till vilken nytta ett – eller flera – expertsystem kan komma.

Däremot är det inte lika självklart, att den idégenererande individen har nytta av datorer i de följande två stegen, inkubationen och illuminationen. Inkubation kallas den period då det specifika problem man arbetar på ligger i "bakhuvudet" eller i "det undermedvetna" och växer till sig. Först i nästa steg, illuminationen, blir lösningen synlig för oss genom "snilleblixten", dvs det oväntade tillfälle, då man plötsligt bara har lösningen där, synlig och påtaglig, framför ögonen. Intressant att fundera kring är givetvis hur man skulle kunna bygga expertsystem kring dessa processer. Eller – skall vi kanske fundera kring hur vi kan konstruera verktyg för att påskynda dem?

Vi vet, att illuminationen påskyndas av slumpen. Man kan göra datorsystem som ger ovanligt många udda intryck. Hjälper det? Uppfinnare brukar påfallande ofta "se" lösningar i duschen, i badet eller möjligen under skogslöpningen. Kan datorn stimulera på motsvarande sätt?

För prövningsprocessen gäller ungefär detsamma som för steg ett och två – det handlar om ett logiskt och heltäc-

kande tillvägagångssätt, där det gäller att ta till vara samtliga tidigare erfarenheter. Även här skulle man kunna dra god nytta av datorer.

Kreativa metoder – per dator

Man kan alltså grovt sett dela in de vanliga metoderna för idéskapande i två kategorier – de ”fritt spånande” och de systematiskt analytiska. Den bäst kända bland de förstnämnda är ”brainstorming”. Lateralt tänkande är enligt sin uppfinnare Edward de Bono ett bredare begrepp än kreativitet, synectics, och ”planned invention” är vidareutvecklingar av brainstorming; alla är komplexa och krävande då det gäller förberedelser och handledning. Bland systematiska metoder kan här upprepas morfologisk analys, relevanssträd och matriser över korsverkan.

Utifrån vad vi tidigare påpekat angående datorernas förmåga att lösa vad vi kallar intellektuella problem och deras relativa otymplighet då det gäller att utföra för oss människor helt triviala handlingar som att gå, gripa, lyfta etc kan vi utgå ifrån att det är enklare att använda expertsystem som verktyg för de systematiska, kreativa metoderna än att använda dem för de fritt spånande. Utmärkande för uppfinnare är rymdseende, att vrida och vända på tekniken i tanken. Datorer kan programmeras tredimensionellt – men kan de ”läras” att kombinera?

Brainstorming

Låt oss ändå börja med att försöka föreställa oss hur man kan vara intuitivt kreativ med *brainstorming* som kreativ metod och ett expertsystem som verktyg.

Först något om själva metoden. Brainstorming som metod föddes på en framgångsrik annonsbyrå. Det ursprunget tyder på, att metoden kan passa bäst för relativt fria problem som att hitta nya produkter, nya tillämpningar av

gamla produkter och idéer, utformning av annonser och försäljning, nya affärsidéer, nya tillverkningsmetoder, nya material till gamla produkter osv.

Brainstorming är en metod för att lösa problem i grupp. Tanken bakom är, att vi vanligen skapar våra idéer med den inre domaren påkopplad och i full aktion. Han dömer ut varenda idé innan vi ens hunnit tänka den till slut. Analys och logik formar en tvångströja.

Då en grupp människor "brainstormar" skall enligt reglerna all kritik glömmas och deltagarna måste lära sig inse, att alla idéer, oavsett hur vansinniga, är lika mycket värda. Meningen är alltså, att folk inspireras av varandra, tar tillvara och utvidgar varandras idéer. Innan övningen är slut skall gruppen helst ha hunnit igenom varenda idé.

Det finns nu på marknaden ett mjukvarupaket, ett expertsystem som heter "BrainStorm", utvecklat av ett britiskt företag, och som kan användas på de flesta vanliga 16-bit-datorerna. BrainStorm hjälper framför allt till att systematisera och sortera alla idéer som kommer fram, dvs datorn tar hand om det arbete som oftast aldrig blir gjort. Den ogjorda systematiseringen har lett till att bl a många företagsledare är tveksamma inför själva metoden brainstorming.

Det går alltså bevisligen att bygga expertsystem för datorstödd brainstorming. Tack vare datorernas kraftfullhet då det gäller logiska strukturer och förmåga att kombinera dessa strukturer på oprövade och otänkbara sätt, kan man skapa ett verktyg för än större flexibilitet och än större fantasi, som helt och hållet befriar från den inre domaren, som är så snar att rycka ut så fort vi upplever att känslor och privata tabun trampas på tårna.

Vad man säkert kan uppnå med en dator är, att ingen idé har lämnats oprövad då övningen väl är över, eftersom vårt brainstormande expertsystem struntar i alla känslomässiga tabun och inte ger upp förrän alla idéer arbetats igenom och *alla* kombinationer prövats.

Vidare kan systemet hålla oss på rätt köl då vi tenderar att urarta och börjar döma och kritisera i stället för att

lämna plats åt fler och fler nya idéer. Systemet kan ställa frågor, som för oss vidare då vi kör fast och inte kommer på mer att säga genom att belysa den aktuella problematiken ur en annan synvinkel. Vi kan via vårt expertsystem få möjlighet att lagra allt som hänt under en speciell brainstorming och så småningom köra det vi lagrat mot vad vi senare bygger upp i vårt system.

Och det kan bli självklart att använda expertsystem för sällning av idéerna. De måste ju både kombineras och vidareutvecklas liksom sorteras och även sällas.

Det gäller här att undvika att blanda ihop idégenerering och bedömning, varför det gäller att i förväg ange de kriterier som idéerna slutligen skall bedömas efter. Här kan man förse datorn med flera experters kriterier och på så vis nå högre kvalitet på de slutliga resultaten. Inklusive att låta *fler* idéer få en chans.

Systematisk kreativitet

Vi vet från ELIZA och några av de medicinska expertsystemen att många personer finner det lättare att svara direkt och uppriktigt, då en dator ställer frågor, än när en annan människa gör det. På något sätt är datorn inte lika hotande som en individ, som man är rädd att göra bort sig inför, vars tid man inte vill ta upp och som kanske kan utöva kritik.

Inte heller kommer datorn att använda det man sagt emot en, när det kanske i det långa loppet visar sig vara en dålig idé. Nej, den begraver tyst och stilla ens egna därpip-piga infall i stora mängder annan information.

Vidare är det enkelt att inför varje enskild brainstorming-session låta datorn generera adekvata frågelistor för att stimulera till idéer. Vi tänker här på listor typ Osborns PABLA – Problem Analysis by Logical Approach – som innehåller mer än 70 frågor.

Av de beskrivningar vi just gjort kan vi dra slutsatsen, att det går att systematisera kreativitet, dock något bero-

ende av hur man definierar kreativitet. I praktiken handlar det ju om att åstadkomma tidigare okända kombinationer, och då kan faktiskt systematik leda till helt nya kombinationer.

Brainstorming har fått tjäna som exempel på de fritt spånande kreativa metoderna. Bland de systematiska börjar vi med att titta närmare på morfologisk analys. Morfologisk analys fungerar speciellt bra när det gäller att fastlägga ett antal funktionella dimensioner, där det för varje dimension finns ett visst antal olika möjligheter. Kombinationsmöjligheterna blir snabbt många. Men låt oss förklara genom att använda ett exempel:

Antag att vi vill konstruera en behållare för färg. Dimensionerna kan vara:

- material i förpackningen
- typ av förslutning
- form hos förpackningen
- storlek, volym.

För varje dimension har vi ett antal valmöjligheter, t ex:

- material: stålplåt, aluminiumplåt, glas, papper, plast...
- förslutning: kork, skruvlock, lock att skära upp, kran...
- form: tetraeder, cylinder, kub, flaska, klot, stympad kon...
- volym: 0,1 l, 1 l, 1,5 l, 2 l, 5 l...

Bara med det här enkla exemplet får vi $5 \times 4 \times 6 \times 5$ eller hela 600 kombinationer. Vad vi kan hålla i huvudet är de $5+4+6+5=20$ möjligheterna, men därför lurar vi oss själva att tro att vi greppar de 600!

Enbart att ställa upp dessa kombinationer och leka med "omöjliga" sådana ger upphov till nya "systematiska" idéer, till klargöranden, kriterier och önskemål som kanske ditintills varit implicita. Därtill kan vi få inspiration till helt nya och spännande upptäckter genom att förändra en eller flera av dimensionerna.

Det är inte svårt att inse, att det är relativt enkelt att konstruera expertsystem kring det här sättet att vara krea-

tiv. Sannolikt kan det bli ganska roligt och ge helt oväntade resultat. Detta görs ju på sätt och vis redan i t ex MITs Laboratory for the Graphic Arts. Där börjar man kanske med bilden av da Vincis Mona Lisa på sin bildskärm och sedan ser man helt enkelt vad som händer med bilden då man lägger till nya bildelement, ändrar färger, tar bort/ersätter/skapar nytt i den ursprungliga bilden.

Det är också sannolikt att man får än bättre kvalitet på sina kreativa övningar, om man via bildskärmen kan arbeta med bild och ord i kombination. Tillbaka till CAD-systemen alltså! Eller snarare, utvidga CAD-systemen till att bli expertsystem för CAC.

Men – det finns kanske en ny dimension vi glömt när vi fokuserat på behållaren. Färgens konsistens! Flytande, pulver, spraydimma, tixotrop. . . För detta slags kreativitet lämnar datorn oss i sticket.

Ytterligare systematiska kreativa metoder är relevans-träd och korsverkansmatriser. Dagens LISP-program är uppbyggda kring relevans-träd, varför det knappast behöver sägas mer om den metoden, eftersom den används så mycket och så ofta för att lösa problem relaterade till just genererandet av AI- och expertsystem. Speciellt då man arbetar med att bygga upp program för naturliga språk spelar relevans-träd en avgörande roll.

Vi har redan nämnt exempel på flera expertsystem, som är baserade på relevans-träd. KEE är ett sådant. EXPERT EASE är ett annat. För närvarande används dessa inte så särskilt kreativt, åtminstone inte i sina kommersiella varianter, men sannolikt har många av användarna funnit tillämpningsområden, som konstruktörerna inte ens kan föreställa sig.

Korsverkansmatriser används också mycket av datalogerna för olika typer av problemlösning, varför det torde vara givet att de är utvecklingsbara även för program för kreativa metoder. Alla dessa endast delvis existerande expertsystem för kreativitet har ett gemensamt – de visar på det faktum, att det är många lager av processer inblandade. Detta blir också uppenbart då man ger sig på kom-

plexa datorspel som "Skattjakten". Komplexiteten visar på ytterligare ett faktum – att människa/mänsklig expert och dator förstärker varandra, inte ersätter varandra. Datorn är inte kreativ på egen hand. Människan kan bli mer kreativ genom att ta expertsystem till hjälp.

Hyperintelligens

Då blir automatiskt nästa fråga:

Vad händer om många kreativa individer och många kreativa expertsystem kan samverka?

Vi har tidigare nämnt Bugliarellos teori om "hyperintelligens", som uppstår, då vi alla kan kommunicera med varandra från våra datorer över globala nätverk. Enligt professor Bugliarello representerar denna globala intelligens ett avgörande steg framåt i mänsklighetens evolution. Han, och en rad andra vetenskapsmän med honom, har ställt upp en hypotes om att vi äntligen får möjlighet att lösa alla de globala problemen genom vår tillgång till hyperintelligensen.

Vad avser professorn då med sin hyperintelligens? Vi ser ett embryo i dagens lokala nätverk, i Sverige representerat genom Memo- och KOM-systemen, där enskilda individer väljer att kommunicera med varandra om allehanda ämnen via sina datorer och terminaler. Dessa nätverk behöver inte vara särskilt lokala geografiskt – så kan t ex i stort sett alla anställda vid det amerikanska dataföretaget Data General kommunicera med alla sina kolleger världen över via företagets eget datanät för kontorsautomatisering, kallat CEO, och med hjälp av en tämligen enkel programvara.

Individens hjärna förstärks alltså med datorns förmåga att minnas och att dra logiska slutsatser. Då datorerna blir expertsystem och AI-baserade, kommer de att arbeta ännu mer människolikt med hjälp av tumregler, generella slutsatser och samtidigt parallell bearbetning av många faktorer. Då det inträffar har vi uppnått hyperintelligens, enligt Bugliarello.

För att människor med olika språklig bakgrund skall kunna kommunicera via hyperintelligensens nätverk, kommer de att skapa ett lingua franca, ett hyperspråk. Det blir sannolikt baserat på engelskan, en engelska som får "lokal" prägel genom "oöversättliga" inslag från andra språk – ord, korta fraser, syntaktiska vändningar.

Detta lingua franca kommer att leva ett liv för sig, allt enligt Bugliarello. (Här kan man om man vill tänka in översättande datorer, som ju börjar dyka upp på marknaden i mycket primitiva former just nu. Blir det en dag så, att de flesta datorer kan förse med ett enkelt och billigt generellt översättningsprogram? Japanerna har idén att skapa ett "datorvänligt" logiskt språk . . .)

Vad har allt detta med kreativitet att göra? Jo, professor Bugliarello förutspår bl a det elektroniska, världsomspännande klassrummet, som omfattar studenter från andra kurser, andra ämnesområden och institutioner än någon lokal och begränsad, alltså elever från andra skolor, städer och länder. Med databaser som stöd kan varje elev få tillgång till många lärare för varje ämne och många lärare samtidigt, så att undervisningen verkligen blir interdisciplinär.

Med samma metoder skulle, föreslår han, världens drygt tre miljoner forskare och utvecklare kunna samarbeta på distans och sålunda lösa problem tillsammans, med mycket bättre slutresultat, snabbare. Bugliarello menar, att vi nu äntligen börjar få förutsättningar för att lösa världsproblemen.

Vidare kommer leken att spela en viktig roll för hyperintelligensen, bl a då det gäller att skapa hyperspråket. Lek, dvs användningen av nätverket för att skapa låtsassituationer, ger fantasin fria tyglar. Kreativitet! Den ger deltagarna en känsla av kontroll över händelser och situationer, något som bara händer i undantagsfall i det verkliga livet. Och den känslan tycks vara viktig dels för att utveckla den egna intelligensen, dels för att testa och utveckla individens kreativitet. Homo ludens, den lekande

människan, har till synes en framtid. Snarare det, förhoppningsvis, än något slags elitistisk hjärntrust.

Kreativiteten kan även ta sig kollektiva uttryck på så vis att medlemmar i det globala nätverket gemensamt kan skapa tavlor, musik, skriva romaner och pjäser etc via sina färgbildsskärmar. I USA och Kanada skrev ett par hundra människor en tvålopera tillsammans. Ingen världslitteratur – men tydligen en spännande skapande erfarenhet.

Vi är här också tillbaka till CAD igen. Det finns företag, som har installerat mycket kraftfulla och dyrbara CAD/CAM-system vid sin centrala FoU-avdelning, och som sedan knutit upp alla sina "lokala" ingenjörer, hundratals av dem, med intelligenta arbetsstationer via de publika tele- näten till de centrala systemen. Ett sådant företag utnyttjar t o m satellitkommunikation mellan USA och Frankrike för att ta fram parfymflaskor med de för olika marknader rätta formerna! Sådan "nätverks-konst" kommer att ge många impulser till förbättringar och utnyttjande av "global kreativitet" för lösningar av allehanda problem, både stora och allvarliga, och små, triviala och lekbetonade.

Tanken är hisnande. Tänk att enkelt kunna gå in i USAs tusentalet stora databaser och ha tillgång till informationen i dem för en billig slant från sin persondator. Och tänk att kunna kommunicera med all världens entusiaster och tänkare på sitt eget område utan några som helst hinder. . .

Visserligen är detta möjligt i dag – våra internationella telenät är tillräckligt bra – men kostnaderna är fortfarande svindlande. Bugliarello beskriver det som en dröm om ett nytt samhälle:

"Det är enkelt att förutsäga, att det i en framtid blir lika avgörande för ett civiliserat liv att tillhöra det globala nätverket som att ha tillgång till transporter eller att kunna läsa. Om vi kan och vill ta till vara de stora möjligheter det globala nätverket erbjuder, och om vi ser upp med de faror det kan medföra, så kan vi förvänta oss att hyperintelligensen kommer att leda fram till en moraliskt och in-

tellektuellt högre stående global samhällsform. Denna samhällsform kommer att vara mycket mer medveten om sin potential både kvantitativt och kvalitativt. Det kommer att vara ett samhälle, som är motiverat och berett till handling. Hyperintelligensen och de globala datornätverk, som gör den möjlig, är vårt bästa hopp att skapa detta nya samhälle, att *skapa* vår framtid snarare än att enbart acceptera den som den är.”

Bugliarello talar om en ny, viktig infrastruktur. Hans ohejdade teknikoptimism har naturligtvis också kritiserats. Vem har *makten* över nätverket?

Hyperkreativitet

Global kreativitet, problemlösning med hjälp av bokstavliga talat all världens experter – vi får börja tänka i termer av hyperkreativitet! Det går redan nu att samverka på det här sättet. Elektronisk brainstorming per dator med hjälp av t ex KOM-systemet från Stockholms Datacentral har prövats, än så länge med blandat resultat. Problemet är, att det gäller att få med rätt personer och tillräckligt många/lagom många.

Även andra än Bugliarello har påpekat vikten av kommunikation för kreativitet. Robert Rosenfeld, kemist och chef för Innovationskontoret vid Kodak Research Laboratories i USA, tillhör dem som arbetat med detta. Hans dagliga arbete består i att utvärdera andra personers idéer, och han knyter an till det vi pekat på tidigare – att samhället inte lider brist på idéer utan snarare saknar förmåga att kommunicera sina idéer.

Våra stora organisatoriska strukturer har helt enkelt inte utrymme för kreativitet och informellt idéutbyte, eftersom de är uppbyggda på och kring uniformitet. Denna uniforma miljö kan och har datorer redan bidragit till att bryta ner. Se bara på USAs och våra egna universitet och högskolor! Besök FoU-avdelningarna vid några av världens mest framgångsrika företag! Vad slås man av? Jo,

terminaler i parti och minut, terminaler och mångfald. Samtidigt kan dessa terminalnätverk formas både för centralisering och decentralisering, för kreativitet utan förändring av organisationens resursbild, för omfördelning av resurser men utan att ifrågasätta målen, eller – det mest radikala – med möjlighet och ”tillstånd” att även komma med idéer utanför existerande målbild.

Rosenfeld resonerar så här:

”Man brukar anta, att var och en är expert på sitt eget område. Men vad vi alla behöver göra är att hitta nya fakta för att möblera om i vårt tankemönster och komma fram med nya associationer. Just dessa ommöbleringar genererar ny energi och kreativitet.”

Det är sannolikt möjligt att konstruera just sådana expertsystem, som klarar av att tala om hur och eventuellt var man kan hitta nya fakta. Systemet bör även ha inbyggt sådana frågor och påståenden, att de automatiskt får en att



"Would you sign this on behalf of the computer, Mr Willard?"

PUNCH

Så här bör vi inte ens tillåta oss att tänka på datorer – som ersättare av människan. De är ju verktyg, förstärkningar av människan. . .

bryta sina invanda tankemönster och närma sig sina problem från en ny och annorlunda infallsvinkel. Expertsystemet BrainStorm, som beskrivits tidigare, är ett embryo till ett expertsystem för sådant lateralt tänkande.

Slutsatser

Några slutsatser vad gäller kreativitet per dator, expertsystem och globala nätverk:

- kreativa miljöer kräver snabba svar. Datorer har snabbheten inbyggd;
- kreativa miljöer utmärks av mångfald, men ofta en mångfald så stor, att en individ inte har möjlighet att hålla reda på denna mångfald utan att behöva avleda sin uppmärksamhet från det han/hon håller på med för att – som Newton – ägna sig åt komplexa beräkningar. Dagens expertsystem erbjuder inte bara mångfald, utan gör det även möjligt att parallellt manipulera i många olika dimensioner samtidigt, att pröva att skapa mönster i ordningen, att pröva och pröva om;
- hinder för kreativitet och innovativt tänkande kan rivas ner med hjälp av olika frågor, talkombinationer, påståenden och fakta, inbyggda i dialogsystem typ ELIZA. Grovt förenklat kan man tänka sig, att ett expertsystem hjälper den kreative att förstå vilka orsakerna är till att han/hon just då inte är kreativ. Kanske systemen också en vacker dag kan antyda ungefär vad man bör göra åt det – gå en lång promenad, resa bort, bada, ta kontakt med expert NN, lyssna på musik...;
- kreativa miljöer förutsätter tillgång till olika experter och olika människotyper, något som i dagens specialiserade samhälle verkar vara mycket svårt att uppnå, ofta av triviala skäl. Med hjälp av expertsystem i nätverk går det relativt enkelt att överbrygga dessa hinder, sannolikt även mentala dylika av karaktären ”jag, en atomforskare, har inte mycket till övers för konsthistorikerna och sociologerna – jag håller mig till hårda fakta.

(Och så – men det vill jag inte avslöja – är jag lite rädd också.)” Det verkar lättare för somliga att kommunicera via dator än att bita svansen av skam och kommunicera direkt! Kanske kommer vi äntligen därhän, att vi kan få våra två kulturer, den tekniska och den humanistiska, att samverka igen?

Till sist, Minskys fascinerande tanke, som måste hållas levande:

– Tänk om logiken inte finns? Tänk om vi börjat i helt fel ände? Tänk om allt det här bara är ett påhitt, som har föga med verkligheten att göra? Tänk om det bara är vår stenografi för verkligheten? En vanställande stenografi, ett filter?

Kanske kommer vi då vi sätter igång att arbeta på djupet med att förstå sådana funktioner som kreativitet, ny-tänkande och skapande att upptäcka att det vi människor egentligen reagerar på och styrs av är något helt annat än den formella logik som vi åtminstone sedan Aristoteles dagar byggt upp för att kunna kommunicera – det vi kallar vår logiska världsbild.

SAMMANFATTNING: SEXTON KREATIVA BOXAR

När maskiner kan tänka, förändras arbetsfördelningen i samhället. Fler rutinmässiga arbetsuppgifter automatiseras, men expertsystemen sprider även specialkunskap på ett nytt sätt.

Detta förändrar arbetsuppgifterna i samhället och därmed villkoren för kreativitet på ett mycket allmänt plan. Vår optimistiska bild är att mer automatisering ger mer tid för kreativitet och fokusering på kreativitet. Samma optimism innebär en tro på att lärarens sociala funktion och elevens individuella utveckling kan förstärkas om datorn kan överta något av den mer rutinmässiga undervisningen.

Motbilden är förstås förlust av tyst kunskap, expertmakt och minskad lärar-/experttätet.

Det finns en annan, mer filosofisk och kulturell aspekt också. Vår syn på tänkandet förändras. Försöken till datoröversättning har hittills ökat ödmjukheten inför människans suveräna språkförmåga. Omvänt, datorn kan bli en metafor för tanken och människan, så att vi – som Weizenbaum fruktar – ser människan som en dator, en maskin. Slutligen påverkar den nya "tanketekniken" maktförhållanden i samhället. Men är det makten som blir oberoende av folket? Exproprierar kunskapsarbetarna kunskapskapitalet?

Att besvara dessa tre problemkomplex vore att gå vida utanför ramen för denna bok – och utanför vår (sic) kunskap. De kan sägas vara viktigare än de frågor vi diskuterar, och vi vill bara understryka detta. Vi är vidare medvetna om att expertsystem och datorer innehåller betydan-

de risker för att kreativiteten definieras bort eller pressas ut genom ett nytt och stressande arbetstempo utan vilopunkter.

Kanske kommer den fortsatta datorutvecklingen och AI-forskningen att påverka vår kunskap om och syn på kreativitet. Desto bättre – men redan i dag kan vi sammanfatta fyra nivåer där datorer ger nya kreativa möjligheter och fyra typer av ”datortjänster” det kan bli fråga om.

De fyra nivåerna är:

- organisatoriskt lärande i stort (enligt t ex Chris Argyris eller varför inte Gunnar Ehrlemark);
- innovationsprocessen, praktiskt i ett företag eller en organisation;
- kreativa metoder;
- expertsystem ”i sig”.

De fyra funktionerna är:

- nätverk och kontakttjänster;
- databaser, informations- och faktakällor;
- datoriserade modeller, regelsamlingar, inklusive dialoger och trädstrukturer i modeller: om–så;
- påminnelsefunktioner, inklusive kreativa retningar, eventuellt slumpgenererade.

Givetvis finns kopplingen, t ex mellan organisatoriskt lärande och innovationsprocessen, mellan kontaktfunktionen i nätverket till databasen, eller modellen som slumpvis byter analogi för att ge en kreativ retning.

Vi får en matris med följande innehåll, något stenografiskt markerat:

	Organisatoriskt lärande	Innovations- processen	Kreativa metoder	Expert- system
Nätverk, kontakt- tjänst	Flexibel konfede- ration	Gatekeeperfunk- tion	Brainstorming-nät	Kreativ vidgning
Databas, informa- tionsbank	Tidiga ifrågasättan- de signaler, "infe- renser"	"Var och en sin egen gatekeeper"	Fler "intryck" i brainstorming, bättre morfologisk analys	Sammankoppling av system
Interaktiv modell (-samling)	Prövning av den "nya slingan", idéer	Åtkomligt "verk- tyg" snabb idé- prövning, lätt pre- sentera idé, breda- re erfarenhet	Scenariobyggnad, vidareutveckling av idéer, Syntectics	Utveckling av sys- tem
Retningar och på- minnelse (även slumpvis)	Ifrågasättande av "den normala slingan", vardag- ens erfarenhetslä- rande	"Checklista"	Det laterala tän- kandets budord, morfologisk ana- lys, uppochned- vänd logik, ny ut- gångspunkt	Ifrågasättande av system – funk- tionssätt, referens- ram, gränser

Den första rutan, den "flexibla konfederationen", är en organisationsform som, vare sig den kan beskrivas som ny eller inte, underlättas kraftigt av "telematiska" nätverk, gärna av intelligent (eller "hyperintelligent") slag. Det fysiska nätverket är infrastrukturen för personliga och organisatoriska nätverk, som ibland uppstår och upplöses ad hoc, ibland är temporära, ibland är permanenta.

Sådana strukturer är mindre hårt kopplade än en hierarkisk organisation. De är alltså flexibla och har lättare att "lära", därför att lärandet kan innebära en helt eller delvis ny konfiguration.

En permanent organisation, som dessutom är effektiv i "den inre slingan", det erfarenhetsmässiga gnetandet att förbättra funktionssättet inom den existerande ramen och målbilden, har svårt att ifrågasätta sig själv. Det beror just på att den är så effektiv – den sorterar bort signaler om störningar och nyheter.

Dessa signaler kallas ibland svaga – de är både svaga och udda i början – och ibland kallas de för inferenser. Ständigt påfyllda faktabaser kan fås att identifiera och förmedla sådana inferenser, sådana krav på ifrågasättande.

I korsningen mellan "Interaktiv modell" och "Innovationsprocessen" står bl a bredare erfarenhet. Det avser något vi tidigare beskrivit: möjligheten för ett företag som är för litet för att ha en "heltäckande" portfölj av projekt och erfarenheter på både lång och kort sikt, hög och låg risk, nära och avlägset från dagens verksamhet – möjligheten för ett sådant företag att via en erfarenhetsbaserad modell vidga sin erfarenhet genom att dela med andra.

Den sista rutan i vertikalen "Innovationsprocessen" säger "Checklista". Detta är, med tanke på innovationsprocessens komplexitet, en motsvarande komplex, databaserad lista, som tar hänsyn till alla de specialfaktorer som beskriver ett projekt.

I övrigt torde tabellen inte behöva ytterligare kommentarer. Den sammanfattar vår tidigare diskussion.

IDÉER OCH FÖRSLAG

Expertsystem liksom kreativitet liksom "information" är generella företeelser. De saknar speciell branschtillhörighet, låt vara att expertsystemen för närvarande ligger nära datalogi och därmed matematik och logik. Kanske är det en brist och ett problem, när expertsystem skall utnyttjas på så skilda håll som i verkstäder, medicin och språkvetenskap.

Det finns alltså alla skäl att arbeta med expertsystem från helt andra utgångspunkter än matematikens och datalogins. Arbetslivscentrum har länge gjort det, på ett ifrågasättande sätt. Startpunkten kan dels tas i kunskapsteori, dels i något helt annat, t ex medicinens modeller av tanken, och psykologins.

Vi vill betona det generella i expertsystemen, och vi vill betona detta behov av flera angreppsvinklar. Datorer och datorindustri representerar stora värden och ekonomiska krafter, men t o m för denna industri är på sikt ett enögt angreppssätt negativt.

Våra idéer måste, mot denna bakgrund, bli ganska generella. En hel del aktiviteter kan förefalla lämpliga att ta upp på samhällelig nivå, andra mer typiska för företag. Mellan högskolor och universitet och företag kan man tänka sig institut och speciella program.

Man kan inte påstå att Sverige legat i täten vad gäller AI och expertsystem, men satsningen från bl a STU är mycket positiv. Det finns AI-aktiviteter av olika snitt vid en rad högskolor – nästan alltid i direkt anknytning till datalogi. Här ser vi alltså ett behov av komplettering och förstärkning – men detta är inte datalogernas sak.

Några av de svenska grupperna är unika: bildbehandling i Linköping, kombinationen av AI och biblioteksforskning

där, Gunnar Fants tallaboratorium vid KTH. Det nya AI-centret i Kista får också unika drag. Tänk om dessa institutioner enkelt kunde komma att samarbeta *utan* att fastna i sedvanliga akademiska trätor om detaljer!

Kreativitet liksom innovation är båda positivt laddade ord, mycket breda och, om man vill, generellt tillämpbara begrepp. Det gör att ingen protesterar särskilt mycket emot satsningar på dem. Problemet med breda begrepp är att det är svårt att skilja på läpparnas bekännelser och verklig aktivitet.

Vi tror, att på kreativitetsforskningens nuvarande stadium kan även ett litet land som Sverige göra betydande insatser. Vi tror rentav att våra förutsättningar för detta är ovanligt goda.

Kreativitets- liksom innovationsforskning karakteriseras nämligen av att den innehåller eller utnyttjar kunskap från en rad olika vetenskapsområden. Det är i gränstrakterna mellan dessa som framstegen sker. I ett litet land är avstånden mindre mellan experterna inom olika ämnesområden.

Talar vi om kreativitet, datorer och expertsystem, så är gränsöverskridandet uppenbart. Det är här vår chans ligger. Vi upplever denna chans som mycket påtaglig. Det överraskade aha-uttryck som följt, när vi frågat efter tankar och synpunkter på kreativitet i expertsystem, tyder på att här finns en obeaktad och obearbetad nisch, som Sverige kunde inta.

Ambitionen kan också göras vidare. Information är en företeelse som blir alltmer central – vad den nu är, för fysikern, datalogen, beslutsfattaren, perceptionspsykologen. Här finns ett ännu större område för studier, forskning och insatser på tvären.

Utvecklingen inom telematiska nätverk, det som kallas VAN eller intelligenta nät – med bl a "inbyggda" expertfunktioner – skapar nya organisatoriska förutsättningar, nya möjligheter för organisatorisk inläring. Detta är ett fält både för experiment och för forskning. Det som Arbetsmiljöfonden här gör kan ytterligare utvecklas och förstärkas.

På en mer omedelbart praktisk nivå vill vi peka på behovet av ett eller flera kunskapscentra för expertsystem: en clearing-house-funktion, ett centrum för erfarenhetsutbyte. Här skulle också normer och system för den "varudeklaration" av sådana expertsystem utvecklas som vi påvisat behovet av.

Än mer direkta tjänster kan utvecklas. Brainstorming kan bli en nättjänst: hur beställer man expertis – var får man fakta – vilka datorprogram kan bistå och hjälpa till att organisera, kombinera och stimulera till vidare utveckling av idéer? Databaser ingår redan i "intelligenta nät", men varför inte också mer personliga "gatekeepers"?

Ett sådant "intelligent nät" innehåller kanske också modeller och metoder för scenarioframställning, för synectics-analogier, lateralt tänkande och för t ex morfologisk analys. De kreativa påminnelserna och systematiska ifrågasättandena kan även de byggas in.

Det som just beskrivits är annars metod- och därmed programvaruutveckling. Ett angreppssätt via nätet sprider i bästa fall nya resurser snabbt till många, men det finns ju också konkurrensaspekter. Det kan vara viktigt för ett företag eller en organisation att skräddarsytt och erfarenhetsbaserat bygga vidare på eller anpassa ett mer generellt program och behålla resultatet som ett konkurrensmedel.

I USA finns det flera företag som arbetar med att urskilja inferenser, svaga signaler. Kanske är detta en typisk uppgift för den specialiserade konsultmarknaden? Eller är det något som skall ingå i ett intelligent nät eller en generell bevakning, av den typ som Sveriges Tekniska Attachéer eller STU står för?

Hur påverkas, slutligen, innovationsprocessen av en ny syn på och nya verktyg för kunskapsarbetet? Hur påverkas den av och hur kan den förbättras med de nya tekniker som går under namn av simulering, (dator)modeller, expertsystem? Här finns nya, oprövade marker för innovationsforskningen och rum för praktiska insatser för en "bättre" innovationsprocess. I det senare fallet faller rekommendationen innanför det enskilda företagets intres-

sen. Exempel: hur påverkar CAD innovationsprocessen i olika typer av företag? CAD plus CAM? CAD-nätverk? Datornät som närmar "innovationsavdelning" och marknad till varandra, rent informationsmässigt?

Slutligen har vi också talat för att "praktisk erfarenhet av innovationsarbete *plus* innovationsmodeller och innovationsteori" kan utnyttjas för att skapa ett slags interaktiv, villkorlig modell av innovationsprocessen – eller varför inte ett innovationsspel? I olika skeden av processen kan modellen eller spelet utnyttjas för att ge ett bättre beslutsunderlag. Den kan hjälpa till att skapa en fullständig "skuggportfölj" av olikartade projekt, vilket ger bättre balans i beslutfattandet. Ett annat resultat av denna större, ovillkorliga modell skulle vara det vi kallat villkorlig "checklista" men som också kan utnyttjas som påminnelse.

Dessa ansatser är intressanta för företagen men knappast av sådan art att ett enskilt företag skulle kunna satsa på denna typ av modellorienterad innovationsforskning. Problemet – och möjligheten – ligger i att både ett antal företag *och* staten (STU eller högskolan) borde ta sig an det.

Nästan allt det vi föreslagit är forskning, utveckling eller möjligen utredning. "Telematikens effekter" får vi reda på också genom experiment, och ett expertsystemens "clearinghouse" är närmast ett slags social funktion. En expertsystemens varudeklaration kräver först utveckling, sedan normering. Med denna bakgrund vill vi sluta med att lista den forskning och den utveckling vi beskrivit ovan:

Information

- Begreppsutveckling
- Mänsklig informationshantering

Organisationsutveckling

- Effekter/möjligheter med telematik

Innovationsprocessen

- Effekter av modelltänkande, CAD etc
- Modeller av processen, "spel", "skuggportfölj"
- Dynamisk kontrollista

Kreativitet

- Forskning på bredden, tvärdisciplinärt
- Datorbaserade metoder
- Effekter av expertsystem

Nätverk

– information

- Gatekeeperfunktion
- Databaser
- Lämpliga personer
- Inferenser

– kreativitet

- Modeller, analogier
- Påminnelser, "triggers"
- Program, typ Brainstorm, morfologisk analys

Expertsystem

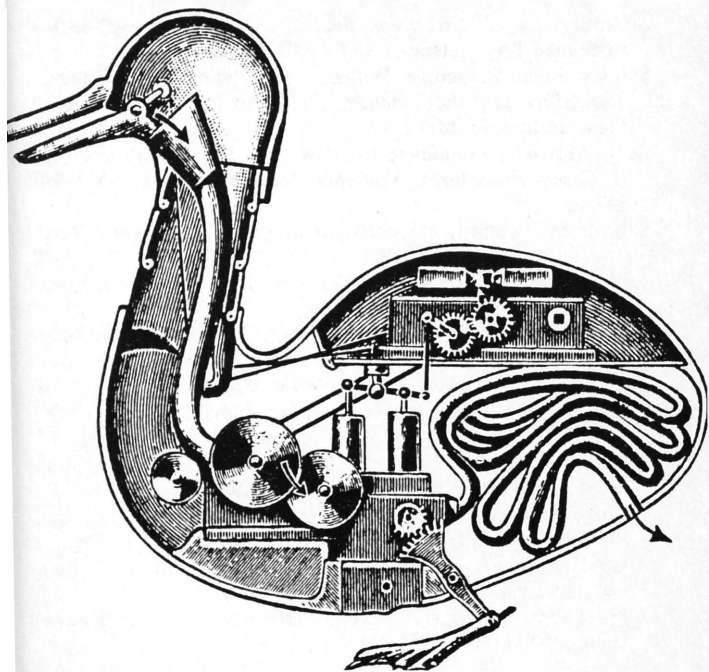
- Clearinghouse, erfarenhetsutbyte
- "VDN"
- Inbyggda kreativa "triggers"

Litteratur

- Adams, James L, *Conceptual Blockbusting*. The Portable Stanford, Stanford, CA 1974.
- The AI Magazine 1984–85*, utgiven av The American Association for Artificial Intelligence.
- Artificial Intelligence: Towards Practical Application. Proceedings of the joint Technology Assessment Conference of the Gottlieb Duttweiler Institut and the European Coordinating Committee for Artificial Intelligence in Rüschlikon, Zürich, Switzerland, 12–13 April, 1984. North Holland, Amsterdam.
- Allen, Thomas J, *Performance of Information Channels in the Transfer of Technology*. MIT, Cambridge, MA 1968.
- Andriole, S J, *The Handbook of Problem Solving*. Petrocelli Books, Inc. 1983.
- Arieti, Silvano, *Creativity – The magic Synthesis*. Basic Books, New York, NY 1976.
- Barr, Avron & Feigenbaum, Edward A (ed.), *The Handbook of Artificial Intelligence*, Vol. 1–3. Pitman Books Limited, London 1981.
- Boden, Margaret, *Artificial Intelligence and Natural Man*. The Harvester Press Limited, London 1977.
- *Minds and Mechanisms, Philosophical Psychology and Computational Models*. The Harvester Press, Great Britain, 1981.
- Le Boeuf, M, *Du är kreativ – Hur du tar vara på din skapande fantasi?* Liber, Stockholm 1982.
- de Bono, E, *Lateral Thinking for Management*. Penguin Books 1971.
- *Opportunities – A Handbook of Business Opportunity Search*. Penguin Books 1978.
- *Practical Thinking – 4 ways to be right; 5 ways to be wrong; 5 ways to understand*. Penguin Books 1971.
- *de Bono's Thinking Course*. BBC, London 1982.
- Bourne, Jr, Lyle E, Dominowski, Roger L & Loftus, Elizabeth F, *Cognitive Processes*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ 1979.
- Eden, C, Jones S & Sims D, *Thinking in Organizations*. The Macmillan Press Ltd., London 1979.
- Ekvall, Göran, *Tankar om den kreativa organisationen*. Kopia, odaterad.

- *Kreativitet och kreativ problemlösning*. PA-rådet, Uddevalla 1979.
- Feigenbaum, Edward A & McCorduck, Pamela, *The Fifth Generation*. Pan Books London 1983.
- Guilford, J P, *The Nature of Human Intelligence*. McGraw-Hill, New York, NY 1967.
- Hofstadter, Douglas R, *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid*. Basic Books, Inc., Publishers, New York 1979.
- Hogarth, R, *Judgement and Choice*. John Wiley & Sons 1980.
- Holloway, C A, *Decision Making under Uncertainty – Models and Choices*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 1970.
- Holt, K, *Product Innovation. A Workbook for Management in Industry*. Newnes-Butterworths Management Library, London 1977.
- Koestler, Arhur, *The Act of Creation*. MacMillan, New York, NY 1964.
- Lundstedt, S B & Colglazier, E W, Jr (red). *Managing Innovation. The Social Dimensions of Creativity, Invention and Technology*. Pergamon Press, Inc., New York 1982.
- McCorduck, Pamela, *Machines Who Think*. W H Freeman and Company, San Francisco, 1979.
- Michie, Donald & Johnston, Rory, *The Creative Computer, Machine Intelligence and Human Knowledge*. Penguin Books England 1984.
- Ornstein, Robert E, *The Psychology of Consciousness*. W H Freeman and Company, San Francisco, CA 1972.
- Papert, Seymour, *Mindstorms*. The Harvester Press Limited, Great Britain 1980.
- Pelz, D C & Andrews, F M, *Scientists in Organizations*. John Wiley & Sons, New York, NY 1966.
- Peters, T J & Waterman, R H, Jr, *In Search of Excellence, Lessons from America's Best-Run Companies*. Harper & Row, Publishers, New York 1982.
- Raaheim, Kjell, *Problem Solving and Intelligence*. Universitetsforlaget, Bergen 1974.
- Ritchie, David, *The Binary Brain, Artificial Intelligence in the Age of Electronics*. Little, Brown and Company, Boston 1984.
- Romell, Dag, *Kreativitet – en outnyttjad resurs*. Hermod, Malmö 1979.
- Schildt, Evert, *Uppfinnartypen – en karaktärisering med hjälp av HSVP*. Stencil, Stockholm 1979.

- Scott, R W, *Organizations. Rational, Natural and Open Systems*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 1981.
- SRI International, *Creative Individuals*. Kopia – framställd för möte med Trygghetsrådet SAF–PTK november 1981.
- Stanley, Julian C, George, William C & Solano, Cecilia H (eds), *The Gifted and the Creative*. The John Hopkins University Press, Baltimore, MD 1977.
- Stein, Morris I, *Stimulating Creativity. I: Individual Procedures. II: Group Procedures*. Academic Press, New York, NY 1974, 1975.
- Sundström, Lennart, *Handbok för uppfinnare och innovatörer*. Studentlitteratur, Lund 1980.
- Taylor, Calvin, W (ed), *Climate for Creativity*. Pergamon, Ehnsford 1972.
- Thring, M W & Laithwaite, E R, *How to Invent*. The MacMillan Press Ltd., London 1977.
- Toffler, Alvin, *Tredje vågen*. William Morrow and Company Inc., USA 1980; svensk översättning ESSELTE INFO AB, 1982.
- Turkle, Sherry, *The Second Self – Computers and the Human Spirit*. Simon and Schuster, New York, 1984.
- Vedin, Bengt-Arne, *Large Company Organization and Radical Product Innovation*. Studentlitteratur, Lund 1980.
- *Creativity Management in Media Industry Applied to Technology*. Studentlitteratur, Lund 1980.
 - *Innovation Organization. From Practice to Theory and Back*. Studentlitteratur, Lund 1980.
 - *Corporate Culture for Innovation*. Studentlitteratur, Lund 1980.
 - *Unlimited Creativity on a Zero-base*. Bidrag till EIASM-konferens, Bryssel 15–16 april 1982.
 - *Informationssamhället n-ä-s-t-a!* SNS Förlag, Stockholm 1985.
- Vernon, P E (ed), *Creativity*. Penguin, Harmondsworth 1970.
- Wickelgren, W A, *How to Solve Problems. Elements of a Theory of Problems and Problems Solving*. (University of Oregon) W H Freeman and Company, San Francisco 1974.
- Winograd, Terry, *Language as a Cognitive Process, I: Syntax*. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, USA 1983.



Den franske ingenjören Jacques de Vaucanson väckte under 1700-talet sin omgivnings förvåning och förtjusning genom sina komplicerade automater. Bilden visar en av hans mest berömda, Vaucansons anka, som promenerade, simmade, flaxade med vingarna, putsade sina fjädrar, böjde på huvudet, åt den mat folk gav den – och lämnade påtagliga spår efter en effektiv matsmältningsapparat! Människans gamla dröm att konstruera en levande varelse har tagit sig många uttryck – och alltid förblivit bleka kopior av verkligt liv!

Kreativitet per dator ger en lättsam och initierad beskrivning av hur långt användningen av datorer i kreativa sammanhang har kommit. Boken redogör också för hur dagens snabba datorer systematiskt kan användas som verktyg för kreativitet.

Idén om den artificiella intelligensen är gammal och fortfarande avlägsen. Men i stället har vi fått omfattande och duktiga expertsystem. De kan, menar Gull-May Holst och Bengt-Arne Vedin, fungera som kreativitetsdödare men också som kreativitetsförstärkare om vi själva har mod och kreativitet att använda datorer just så.

Gull-May Holst, fil. mag., är lingvist, journalist och informatör. Bengt-Arne Vedin, tekn.dr., är SNS-forskare och adj. professor i innovationskunskap vid KTH i Stockholm.